

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. Ломоносова**

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

**IX Международная
научно-практическая конференция**

**Современные
информационные технологии
и ИТ-образование**

СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ТРУДОВ

**Под редакцией
проф. В.А. Сухомлина**

**Москва
2014**

УДК [004:377/378](063)
ББК 74.5(0)я431+74.6(0)я431+32.81(0)я431
С 56



*Издание осуществлено при финансовой
поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований
(проект № 14-07-20401 г)*

Печатается по решению редакционно-издательского отдела факультета
Вычислительной математики и кибернетики Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова

Рецензенты:

профессор, д.ф.-м.н. А. Н. Томилин
профессор, д.ф.-м.н. Л. А. Калиниченко

С56

Современные информационные технологии и ИТ-образование /
Сборник избранных трудов IX Международной научно-практической
конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2014. - 957 с. -
978-5-9556-0165-6

В сборник трудов включены доклады IX Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», прошедшей в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Целью конференции являлась интеграция усилий университетов, науки, индустрии и бизнеса в развитии национальной системы ИТ-образования. Материалы сборника предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, интересующихся проблемами ИТ-образования, теоретическими, методическими и прикладными вопросами в области информационных технологий.

Издание сборника поддержано Фондом содействия развитию интернет-медиа, ИТ-образования, человеческого потенциала «Лига интернет-медиа».

УДК [004:377/378](063)
ББК 74.5(0)я431+74.6(0)я431+32.81(0)я431

© Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова

978-5-9556-0165-6

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Моисеев Е.И., Ложкин С.А., Тихомиров В.В.

Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова

Наиболее значимые результаты факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова по программе «Стратегические информационные технологии»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Обучение, информационные технологии, прикладная математика.

АННОТАЦИЯ

В работе изложены важнейшие направления научно-образовательной деятельности на факультете ВМК МГУ, имеющие фундаментальный и прикладной характер. При этом факультет большое значение придает образовательной деятельности в области высокопроизводительных вычислений, суперкомпьютерных технологий, защиты информации и современных сетевых технологий.

В 2013 году факультет провел набор бакалавров (340 бюджетных мест) по двум направлениям «Прикладная математика и информатика» и «Фундаментальная информатика и информационные технологии». Факультет принял активное участие в разработке собственных образовательных стандартов МГУ для указанных направлений, а также в разработке федеральных стандартов ФГОС-3+.

На факультете ВМК вся научно-образовательная деятельность по подготовке высоко квалифицированных специалистов тесно связана с Российской академией наук, ведущими государственными научно-производственными объединениями и промышленными компаниями ИТ-бизнеса.

На факультете продолжали работать ранее созданные 4 научно-образовательных центра (НОЦ), которые предназначены для решения актуальных научно-образовательных и прикладных задач. Новый этап в получении выпускниками фундаментального образования в области суперкомпьютерных технологий связан с введением в действие в МГУ суперкомпьютеров «Чебышев», «Ломоносов», «Blue Gene/P», на которых решаются задачи суперкомпьютерного моделирования в различных областях знаний, в том числе, нанотехнологий и инновационных информационных технологий.

В настоящее время успешно проходит реализация президентской программы по суперкомпьютерным технологиям. Эту программу реализуют российские вузы, образовавшие Консорциум по

суперкомпьютерным технологиям. Эти технологии отражаются в новых курсах, образовательных программах, более чем в 30 монографиях в области суперкомпьютинга. Российское суперкомпьютерное моделирование занимает ведущие мировые позиции.

На факультете разработан практикум по высокопроизводительным вычислениям на суперкомпьютерах, который используют ряд факультетов МГУ. В бакалавриате и в магистратуре для студентов факультета ВМК читаются межфакультетские естественно-научные курсы. Ежегодно факультетом проводятся школы для студентов и аспирантов по суперкомпьютингу. В июле 2013 года факультетом ВМК была проведена очередная Суперкомпьютерная Академия, которая пользуется большим успехом в России (и за рубежом).

Большое значение факультет придает научным исследованиям и образованию в области защиты информации. Создан учебно-научный центр «Защита информации». В 2013 году образована кафедра защиты информации, на которой открыта магистерская программа «Математические методы и программное обеспечение защиты информации». За 8 лет существования этой специализации подготовлено свыше 150 выпускников. С 2005 года ведётся подготовка аспирантов по специальности 05.13.19 «Методы и системы защиты информации, информационная безопасность».

Развитие этого направления тесно связано с разработкой современных сетевых технологий. Факультет проявил инициативу по организации Консорциума российских вузов «Современные сетевые технологии». В 2012-2013 годах факультетом ВМК МГУ для студентов и аспирантов проведены две международные школы «Современные сетевые технологии» при участии Массачусетского университета.

Регулярно проводится школа по облачным вычислениям.

Перечислим специализации по направлению «Прикладная математика и информатика», на основе которых разрабатываются 22 магистерские программы по направлению Прикладная математика и информатика (интегрированный магистр) и проводилось обучение студентов (в специалитете): математическая физика; математическое моделирование; обратные и некорректно поставленные задачи; численные методы; теория вероятностей и математическая статистика; исследование операций и системный анализ; оптимизация и оптимальное управление; математическая кибернетика; программное обеспечение вычислительных (компьютерных) сетей; системное программирование (программная инженерия); нелинейная динамика, информатика и управление; математическое и информационное обеспечение экономической деятельности; математические методы и программное обеспечение защиты информации; математические и компьютерные методы обработки изображений; системный анализ и математическое прогнозирование; математические модели и методы в проектировании СБИС;

высокопроизводительные вычисления и технологии параллельного программирования; прикладные интернет-технологии.

На факультете действует образовательная двухгодичная программа получения дополнительной квалификации «Разработчик профессионально-ориентированных компьютерных технологий», открыта программа «Корпоративные системы».

Факультет принял активное участие в реформе высшего образования и в разработке федеральных государственных стандартов 3 поколения (ФГОС 3+) по направлениям «Прикладная математика и информатика» и «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (бакалавр, магистр). Им разработаны собственные образовательные стандарты бакалавриата и магистратуры. С 2011 года факультет приступил к реализации образовательной программы по направлению «Прикладная математика и информатика» по собственному стандарту «магистр непрерывной подготовки» (с первой ступенью бакалавр, второй — магистр). Перечисленные выше специализации будут реализованы в магистерских программах. Разработан реестр магистерских программ.

Специализация студентов, распределение их по кафедрам начинается с третьего курса. Студенты активно участвуют в работе спецсеминаров и в научной деятельности кафедр. На четвертом курсе они проходят практикум по суперкомпьютерным вычислениям. Ниже перечислены некоторые темы и результаты важных научных и прикладных исследований, проводимых на факультете ВМК в 2011 году, в которых активно участвуют студенты. Ежегодно на факультете проводится конкурс лучших студенческих работ. Эти работы публикуются в сборниках, издаваемых факультетом. Сборная команда МГУ по программированию, в которой участвуют студенты факультета ВМК, регулярно занимает ведущие позиции на международных соревнованиях.

Объем статьи не позволяет полностью сформулировать все результаты и описать все стороны учебного процесса, педагогические стратегии для подготовки специалистов высокой квалификации, способных решать важные научные и практические задачи.

Перечислим Приоритетные направления фундаментальных научных исследований, которые проводятся на факультете ВМК.

- Дифференциальные уравнения и математическая физика — 3 темы;
- Математическое моделирование и численные методы — 15 тем;
- Математические проблемы теории управления — 3 темы;
- Теория вероятностей и математическая статистика — 2 темы;
- Математическая кибернетика, математические методы прогнозирования и исследования операций — 4 темы;
- Информационные технологии, компьютерные сети, распределенные вычисления и защита информации — 7 тем;
- Программное и математическое обеспечение эффективного решения

актуальных задач на современных вычислительных системах — 5 тем.

Ниже сформулированы основные результаты научных исследований, полученные в 2013 году.

- Найдены условия самосопряженности линейных и полулинейных матричных уравнений типа Сильвестра и Стейна. Установлены связи между решениями квадратичных и полуторалинейных матричных уравнений типа Риккати, с одной стороны, и псевдоинвариантными или нейтральными подпространствами ассоциированных матриц, с другой. Систематизированы приемы экономичного вычисления собственных значений нормальных теплицевых и ганкелевых матриц.
- Поставлены и изучены обратные задачи для уравнений математической физики, состоящие в определении неизвестных коэффициентов уравнения, начальных условий и других характеристик исходных задач. Разработаны и программно реализованы методы решения обратных и некорректно поставленных задач, ориентированные на их использование в геофизике, сейсмике, электрофизиологии сердца и обработке изображений.

Рассмотрены вопросы существования и единственности специальных краевых задач, к которым сводятся задачи теории упругости с адгезионными взаимодействиями. Показывается, что к такого рода проблемам приводит и модель Лапласа-Янга и более полная модель адгезии.

- Разработан комплекс программ для математического моделирования выработки электроэнергии солнечными батареями космических аппаратов, совершающих полет в космическом пространстве.

Разработана новая математическая модель течения тока в плоских многослойных сверхпроводниковых структурах. В трехмерном случае проведено численное моделирование распространения электромагнитных волн в волноводе прямоугольного сечения с неоднородной диэлектрической вставкой с использованием суперкомпьютерной вычислительной системы IBM Blue Gene/P.

Разработан и верифицирован стандартный код RPB для расчета границы плазменного шнура в установках Токамак по результатам внешних электромагнитных измерений.

Разработана математическая модель исследования рассеивающих свойств плазменной структуры, состоящей из многослойной плоско-слоистой системы в присутствии локальной неоднородности. В области неизлучающих волн проведен анализ пространственных плазменных резонансов локальной неоднородности, расположенной вблизи многослойного интерфейса. Установлено наличие двойного плазмонного

резонанса в области неизлучающих волн. Определены условия, обеспечивающие усиление интенсивности рассеяния в пике плазмонного резонанса за счет оптимального выбора формы рассеивателя и его расположения.

- Для задач теории дифракции на тонких экранах разработан численный метод моделирования основных характеристик рассеяния, основанный на методе интегральных уравнений и новом варианте проекционного метода, использующим аппроксимацию неизвестной функции многочленами Чебышева I-го рода.

Исследованы вопросы существования и единственности обобщенных решений в моделях операторной Фурье-фильтрации для некоторых уравнений нелинейной оптики, а также условия возникновения бифуркации Андронова-Хопфа.

Построены сеточные аппроксимации основных дифференциальных операторов на нерегулярной треугольной сетке, использующие чисто узловую и ячеечно-узловую аппроксимацию функций в разных частях рассматриваемой области. Разработан новый подход к построению согласованных сеточных операторов на нерегулярной треугольной сетке, основанный на интерполяции интегральных соотношений.

- Запущен в эксплуатацию лабораторный вариант установки для обнаружения веществ (включая запрещенные вещества) на расстояниях до 6 метров, основанной на воздействии широкополосного терагерцового импульса. Впервые в мире продемонстрирована ее работоспособность в реальных условиях.

Построена новая консервативная разностная схема, основанная на оригинальном двухэтапном итерационном процессе, для задач взаимодействия высокоинтенсивного лазерного излучения с нелинейными средами.

Разработаны новые методы обработки терагерцовых изображений, формируемых пассивными терагерцовыми камерами, позволяющие подавить шумы и повысить контрастность получаемых изображений, а также новые методы повышения точности обнаружения и идентификации взрывчатых веществ по отраженному от объекта терагерцовому сигналу.

- Изучена модель производства с учетом дефицита оборотных средств и ограничения на максимальный объем реализуемой партии товара. Предложен алгоритм идентификации модели по доступным статистическим данным. Осуществлена разработка и проверка эффективности алгоритмов сжатия данных на основе TT-формата разложений тензоров и мозаично-скелетонных аппроксимаций матриц с использованием параллельных алгоритмов.

Осуществлена разработка параллельной версии программы для моделирования на ЭВМ отрывных течений жидкости на основе вихревого подхода. Произведена оценка масштабируемости алгоритма. Исследованы

возможности параллельной версии применительно к ряду прикладных задач.

- Разработаны математические модели развития вирусных инфекций в лимфоидных органах с учетом их структурной организации.

Разработаны эффективные алгоритмы и созданы программы расчётов по методу Монте-Карло для решеточных моделей химических реакций. Разработаны новые гибридные алгоритмы для расчёта кинетики каталитических реакций в случае квазиравновесного распределения частиц на поверхности катализатора.

Решена задача быстрогодействия перевода микробиологической системы на сбалансированный путь роста.

В нелинейной модели ведения рыбного хозяйства с естественным фазовым ограничением в случае отсутствия особых режимов найдены оптимальные режимы вылова рыбы, позволяющие иметь оптимальный доход без истощения ресурсов.

- Проведено трёхмерное моделирование движения жидкости в кольцевом канале под действием воздушных потоков.

Разработаны быстрые ранговые алгоритмы для обработки изображений для задач шумоподавления трёхмерных изображений компьютерной томографии.

Исследована задача распределения ресурсов в двухсекторной экономической модели с одинаковыми коэффициентами амортизации, с производственной функцией Кобба-Дугласа и функционалом интегрального вида. Задача изучается на конечном, достаточно большом горизонте планирования.

- Предложен метод построения оценки (с наперед заданной точностью) неизвестного входа для векторных систем с запаздыванием. Предложен метод расширения динамического порядка для синтеза единого стабилизатора для конечного семейства линейных объектов различных динамических порядков. Разработаны алгоритмы построения наблюдателей для многосвязных систем, изучены свойства таких систем. Указаны способы решения задач синтеза управлений в классе импульсных воздействий, допускающих высшие производные, и быстрых управлений в классе обычных функций.
- Рассмотрены модификации Гамильтонова формализма для решения задач целевого управления трубками эллипсоидальных траекторий, описанных матричными дифференциальными уравнениями.

Решена задача отслеживания заданных траекторий с последующим удержанием в их окрестности при неполных измерениях в различных классах наблюдателей.

Изучена модель производства с учетом дефицита оборотных средств и ограничения на максимальный объем реализуемой партии товара.

Предложен алгоритм идентификации модели по доступным статистическим данным.

- Получены новые равномерные и неравномерные оценки скорости сходимости в центральной предельной теореме с оптимальной структурой. Доказаны теоремы об асимптотической нормальности оценок риска при пороговой обработке вейвлет-коэффициентов разложения сигналов.

Найдены условия сходимости случайных сумм к дисперсионно-сдвиговым смесям нормальных законов, в частности, к обобщенным гиперболическим, обобщенным дисперсионным гамма-распределениям, а также к скошенным экспоненциально-степенным распределениям. Получены асимптотические разложения для функций распределения и оценки для функции концентрации статистик, построенных по выборкам случайного объема. Получены распределения основных характеристик одноканальной приоритетной системы с Эрланговским входящим потоком и обслуживанием заново прерванного требования.

- Разрабатываются новые направления в теории распознавания образов — так называемый реляционный подход. Предложены новые методы оценки надёжности распознавания, основанные на предложенной информационной модели и принципе согласованности, позволяющего получать статистические решения на основе конкретизации априорного распределения и объединяющего бейесовский и классический частотный подходы в математической статистике.

Решена одна из задач создания нейроинтерфейса на основе визуальных стимулов.

Предложены методы деформации ответов регрессионных алгоритмов и способы их использования на практике для повышения качества решения прикладных задач.

Предложены новые технологии решения задач анализа данных, которые успешно верифицированы на реальных прикладных задачах.

Предложены алгоритмы для работы с вероятностными моделями, содержащими отношения высоких порядков и глобальные ограничения на статистики переменных модели.

- Разработаны новые методы оценки надёжности распознавания, основанные на предложенной информационной модели и принципе согласованности. Предложены алгоритмы для работы с графическими моделями, содержащими отношения высоких порядков и глобальные ограничения на статистики переменных модели.

Построена математическая модель расчета ценовых индикаторов в задаче выбора состава включенного генерирующего оборудования при оптимизации работы единой энергосистемы Российской Федерации.

Проведен теоретико-игровой анализ правил ранжирования рекламодателей в поисковых системах. В играх, моделирующих защиту объекта, сформулированы условия существования решений игры в чистых и смешанных стратегиях. Разработаны абстрактные ньютонские схемы для вариационных задач без требования гладкости базы.

Разработана математическая модель оптимизации перестрахования.

- Проведено исследование методов иерархического планирования и трансформации объектных моделей при решении задач прямой и обратной инженерии для программных систем искусственного интеллекта, в том числе программных систем автоматического планирования и интеллектуальных программных систем решения сложных многошаговых многовариантных задач. Совместно с ИСП РАН проведены исследования проблем, связанных с обработкой текстов на естественном языке.

Рассмотрены подходы к построению методов тематического моделирования текстов, а также методы оценки качества результатов тематического моделирования, основанные на интерпретируемости получаемых тем с использованием баз знаний.

- Доказано, что точное значение билинейной сложности умножения матрицы размера 5×2 на матрицу размера 2×2 над любым полем равно 18.

Построен пример функции, порождающей дважды экспоненциальное число ложных монотонных образов.

В терминах аналитической иерархии Клини получено описание класса отношений, определимых в языке функциональных уравнений над множеством $\{0, x+1\}$. Предложено максимально возможное эквивалентное расширение языка функциональных уравнений, содержащих однородные функции.

Найдены все неприводимые тривиальные пересечения предполных классов функций четырехзначной логики.

Установлены верхняя и нижняя оценки сложности проблемы выполнимости системы функциональных булевых уравнений, и тем самым доказана невозможность ее решения методом, который существенно проще непосредственного перебора.

Решена задача создания неверного образа монотонной дискретной функции на основе неверного предположения о монотонности и верной информации о значениях и описан алгоритм порождения монотонных дискретных функций, частично совпадающих с заданной.

- Получены асимптотические оценки высокой степени точности функции Шеннона для сложности формул в базисах, являющихся итеративными модификациями стандартного базиса.

Предложен метод синтеза асимптотически оптимальных по сложности для почти всех функций алгебры логики схем из

функциональных элементов с новыми, более точными значениями динамической и статической мощности. Установлены новые более точные асимптотические оценки функции Шеннона длины проверяющего теста относительно вытесняющих неисправностей входов схем.

- Разработаны успешные атаки на криптосистемы Мак-Элиса, построенные на основе циклических кодов с большими параметрами и кодах Рида-Маллера.

Получены величины критической ошибки при произвольных значениях интенсивности входного сигнала и длины линии связи при атаке.

Разработан новый алгоритм бинаризации изображения для применения в задачах распознавания текста.

- Разработаны и реализованы алгоритмы обнаружения многокомпонентного вредоносного исполнимого кода в сетевом трафике. Показана практическая применимость трехзначной логики отношений к задаче определения оптимального набора способов выборочного изотопного мечения аминокислот в протеинах.

Разработана масштабируемая параллельная программа поиска гомологов в нуклеотидных последовательностях на суперкомпьютерах.

Найден алгоритм построения графа сопряжений для подкласса L-графов, описывающих детерминированные языки. Разработаны методы иерархического планирования и трансформации объектных моделей при решении задач прямой и обратной инженерии.

Разработан и реализован алгоритм трансляции иерархических временных автоматов в сеть плоских временных автоматов.

- Разработана библиотека C++ для асинхронной параллельной обработки больших (100 Тб) объемов данных на суперкомпьютерах Ломоносов и Blue Gene.

Другие ранние результаты научно-образовательной деятельности факультета представлены в работах [1]-[4].

Литература

1. Моисеев Е.И., Ложкин С.А., Тихомиров В.В. Инновационная научно-образовательная деятельность на факультете ВМК МГУ //Международная конференция «Образование, наука и экономика в вузах. Интеграция в международное образовательное пространство», Москва, 2011, октябрь, Труды, Тезисы. С 151-152.
2. Моисеев Е.И., Тихомиров В.В.. Инновационные образовательные программы ВМК МГУ //Международный симпозиум «Информационно-коммуникационные технологии в индустрии, образовании и науке». 2010, Караганда, декабрь, Труды, С. 38-46.
3. Моисеев Е.И., Тихомиров В.В.. Подготовка кадров на факультете ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова//журнал «Прикладная информатика» №3 (27).С. 24-31, 2010 г.
4. Моисеев Е.И., Ложкин С.А., Тихомиров В.В.. Наука и образование на факультете ВМК МГУ// VII Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Сб. научных трудов под редакцией проф. В.А. Сухомлина.

Колин К.К.

Институт проблем информатики Российской академии наук, д.т.н., профессор,
kolinkk@mail.ru

Философия информации и современное научное мировоззрение

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информация, информационное мировоззрение, информационный подход, информатика, философия информации, философские проблемы информатики.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема формирования современного научного мировоззрения, в котором все большую значимость приобретают информационные аспекты. Показано, что научной основой такого мировоззрения становятся достижения в области философии информации, а также результаты изучения философских проблем информатики как фундаментальной науки и комплексного междисциплинарного научного направления.

Актуальность проблемы формирования современного научного мировоззрения

В последние годы в России, Китае и странах Западной Европы получены новые и принципиально важные результаты исследований в области философии информации [1-9]. Эти результаты создают основу для формирования новых научных представлений о структуре реальности окружающего нас мира. Такие представления необходимы для уточнения наших представлений о научной Картине Мира, дальнейшего развития философии информации и проведения на ее основе трансдисциплинарных исследований.

В настоящей работе будет показано, что эти результаты позволяют по-новому, в информационном аспекте, поставить и интерпретировать основной вопрос философии. Можно также указать на ряд новых и актуальных задач изучения специфики проявления феномена информации в различных компонентах структуры реальности.

В последние годы все больше осознается необходимость формирования новой научной отрасли «Информационные науки».

Информационная цивилизация и проблема развития науки об информации

Доминирующими тенденциями развития цивилизации в XXI веке являются процессы глобализации и информатизации, которые оказывают революционное воздействие практически на все сферы общества. В

истории человечества наступает *информационная эпоха*, формируется глобальное информационное общество. Его становление означает переход на более высокий уровень организации жизни и деятельности людей, который мы называем *информационной цивилизацией*. Основными предметами и продуктами труда в этой цивилизации будут информация и знания, а также новые технологии, ядром которых являются информационные технологии. Именно они станут основой шестого технологического уклада, который уже формируется в развитых странах.

Информационное общество создает новые возможности для повышения качества жизни и развития творческих способностей человека, для решения многих глобальных проблем современности. Но при этом возникают новые глобальные проблемы, которых ранее не знала история. Одна из них — это *информационное неравенство* между людьми, странами и регионами мира. Оно усиливает социальное расслоение общества, создает социальную напряженность и является угрозой для устойчивого и безопасного развития цивилизации. Исследования показали, что эта проблема является, главным образом, гуманитарной и в значительной степени определяется уровнем развития *информационной культуры*.

Еще одна актуальная проблема современности — *информационная безопасность*. Ее порождают технологии манипуляции сознанием и быстрый рост потоков информации, которые негативно воздействуют на здоровье людей, особенно, на молодое поколение.

Перечисленные проблемы еще мало изучены, а способы их решения недостаточно разработаны. Поэтому *наука об информации* должна стать научной базой для информационной цивилизации, а *информационная культура* — условием обеспечения информационной безопасности человека и общества. Для решения этих задач необходимо дальнейшее развитие международного сотрудничества ученых. Именно это является целью Международного общества по изучению информации (*International Society for Information Science*), которое сегодня объединяет ученых из 20 стран и имеет свою штаб-квартиру в Вене (Австрия).

В 2013г. это общество стало одним из организаторов Пятой Международной конференции по фундаментальным основам информационной науки (FIS-2013), которая состоялась в России на базе Московского гуманитарного университета под председательством автора настоящего доклада [18].

Философия информации как научная база информационной науки

Наращение глобальных проблем требует более целостного знания о фундаментальных законах развития природы, человека и общества. Это стимулирует ученых к философскому осмыслению природы информации, изучению ее роли в процессах глобальной и локальной эволюции. Поэтому в России, Китае, Австрии, Великобритании и Франции сегодня активно развиваются исследования в области *философии информации*.

Термин «философия информации» в 1985 г. предложил профессор Wu Kun, который является основоположником китайской школы философии информации [5]. В России философия информации стала изучаться на 20 лет раньше, с 1965 года [6]. Ее признанный лидер — академик А. Д. Урсул, автор ряда известных монографий, которые изданы в России и в Германии.

Новый этап исследований в данной области начался в России в 2005 году [7-9]. По мнению многих исследователей, информация является одним из наиболее значимых и загадочных феноменов реальности. Попытки осмыслить его сущность делаются, начиная с середины XX века, но согласованных представлений о природе информации пока не выработано.

Сегодня становится ясным, что философия информации должна стать научной базой развития всей информационной науки. При этом перспективными направлениями исследований нам представляются онтология и эпистемология информации, информационный эволюционизм и информационная этика.

Онтология информации — ключевая проблема философии информации

Известно, что онтология — это учение о бытии, о сущем, о его формах и фундаментальных принципах, о наиболее общих определениях и категориях бытия [10]. Поэтому первый вопрос в области онтологии информации можно сформулировать так: «*Существует ли информация?*». Казалось бы, вопрос странный. Однако нам известны специалисты, утверждающие, что информации в реальности, не существует, поскольку ее никто и никогда не видел. Поэтому этот вопрос нужно поставить несколько иначе: «*Существует ли информация как объективная реальность?*».

Ответ на этот вопрос разделяет специалистов, изучающих природу информации, на две категории. Первая категория — это представители *атрибутивной концепции* природы информации. Они считают, что информация является атрибутом, неотъемлемым и всеобщим свойством материи [1,7,12]. Вторую категорию составляют представители *функциональной концепции*. Они убеждены, что информация — это продукт деятельности сознания. Поэтому в неживой природе информации не существует.

Между представителями этих концепций уже много лет ведется дискуссия, которая уже привела к некоторому сближению их позиций. В последние годы она существенно активизировалась. Так, в октябре 2013 г. в Китае состоялась первая Международная конференция по философии информации (ICPI 2013).

В Российской академии наук с 2011 года функционирует специальный семинар «Научно-методические проблемы наук об информации», где философии информации уделяется значительное внимание. Таким образом, философия информации сегодня активно обсуждается как в России, так и в других странах. При этом ключевой проблемой является *онтология информации*.

Трансдисциплинарное значение философии информации

Что мы знаем сегодня о природе информации и почему эти знания многих ученых не устраивают? Дело в том, что в научной литературе существует несколько десятков определений содержания термина «информация», однако ни одно из них не является общепринятым. Поэтому ученые, проводящие свои исследования в конкретной области, используют частные определения информации, которые им представляются наиболее адекватными.

Нам представляется, что общего определения информации пока не выработано потому, что нет достаточно общей точки зрения на ее природу. Несмотря на то, что информация стала общенаучной категорией, а ее значимость для развития человека и общества быстро возрастает. Именно это делает данную проблему одной из наиболее актуальных в современной науке.

Наши исследования феномена информации показали следующее [1-3]:

1. *Феномен информации является многоплановым.* Поэтому он специфически проявляет себя в разных условиях реализации процессов информационного взаимодействия. Ведь это взаимодействие происходит в различных видах *информационной среды*, которая является специфической для различных компонентов реальности. Поэтому при изучении феномена информации нужно сосредоточить внимание именно на анализе *структуры реальности*, а также на специфике процессов информационного взаимодействия в этой структуре;

2. Нами установлено, что информация специфически проявляет себя также и на *разных этапах* процесса информационного взаимодействия;

3. Дополнительные трудности для российских ученых создает многообразие определений термина «информация» в русском языке.

Структура реальности и феномен информации

Связь феномена информации со структурой реальности выявлена нами еще в 1990 г. [17], а затем была исследована более детально. В работе [8] предложена новая модель структуры реальности и показано, что эта модель позволяет более четко определить структуру различных направлений исследования феномена информации. Известно, что одним из общих понятий философии является понятие «*реальность*». В данной работе под реальностью понимается *совокупность всего существующего*, включая материальные и нематериальные объекты, процессы и явления.

Структура реальности и новое понимание основного вопроса философии

В настоящее время содержание основного вопроса философии традиционно понимается как *отношение сознания к бытию*, или же, в более широкой трактовке, *отношение духовного — к материальному* [10]. Однако в работах [8,9] предложена новая модель структуры реальности, названная «*Концепцией четырех миров*» — по аналогии с известной концепцией Карла Поппера для структуры научного знания [11]. В этих работах показано, что

в структуре реальности, помимо материи (*Физического мира*) и сознания (*Ментального мира*), существуют еще два компонента реальности, которые в полной мере нельзя отождествить ни с материей, ни с сознанием. Этими компонентами являются *Мир продуктов сознания* и *Мир отражения* процессов взаимодействия в материальном мире.

Таким образом, сегодня можно утверждать, что в структуре реальности есть такие компоненты, которые нельзя признать объектами, принадлежащими только материи или же только сознанию. Характерными примерами здесь могут служить наука, религия, культура, и искусство. Ведь было бы странно утверждать, что, например, математика является одной из форм проявления материи. Строго говоря, она не является также и компонентом сознания. На самом деле — это *продукт сознания*, результат его деятельности, но не его составляющая часть. И таких примеров можно привести достаточно много.

Поэтому традиционное понимание основного вопроса философии как *отношения материального и духовного*, или же, в более узкой формулировке, как *отношения материи и сознания*, уже не может считаться адекватным современным представлениям о структуре реальности. Необходима новая, более широкая, трактовка основного вопроса философии, которая должна учитывать наличие в структуре реальности нематериальных компонентов. Ведь эти компоненты, строго говоря, не могут рассматриваться как компоненты сознания или же материи. Часть из них является *продуктами деятельности сознания*, но находится вне его и поэтому не может рассматриваться как составная часть сознания. Характерными примерами здесь могут служить наука, религия, культура и искусство.

Другая часть нематериальных компонентов реальности создается в процессе взаимодействия между собой отдельных объектов, процессов и явлений материального мира и представляет собой *результаты отражения* этого взаимодействия. Эти результаты также нельзя рассматривать как некоторые составные части материи (вещества или поля), хотя они тесно связаны с этими двумя основными формами существования материи.

В работах российских ученых [1-3,7-9,12] показано, что результаты отражения взаимодействий в материальном мире представляют собой *изменения распределения материи и энергии в пространстве и времени*, которые вызваны этими взаимодействиями и могут сохраняться в течение некоторого промежутка времени. Эти изменения и представляют собой одно из проявлений феномена информации в материальном мире — так называемую *связанную информацию*.

Таким образом, содержание основного вопроса философии, которое сегодня приведено в философских словарях и энциклопедиях, не охватывает всех основных компонентов реальности и поэтому не может быть признано удовлетворительным. Нужна другая постановка этого

вопроса, которая не содержала бы такого существенного ограничения, а была бы более общей.

Информационная интерпретация основного вопроса философии и ее мировоззренческие аспекты

Как можно было бы сформулировать основной вопрос философии с учетом указанной выше концепции «четырех миров» в структуре реальности? Нам представляется, что основной вопрос философии сегодня должен рассматриваться как *отношение между материальными и нематериальными компонентами реальности*.

А поскольку все нематериальные компоненты реальности по своей сути являются информационными компонентами, то более кратко этот вопрос можно сформулировать как *отношение материи и информации*. Конечно, этот вывод требует дополнительного обсуждения с участием специалистов в области философии.

Предлагаемая выше информационная интерпретация основного вопроса философии является существенно более широкой по сравнению с традиционной постановкой этого вопроса. Поэтому она может быть использована для формирования *новой мировоззренческой Картины Мира*. Нам представляется, что она является более полной и целостной, по сравнению с существующей Картиной Мира, так как включает в себя все материальные и нематериальные аспекты реальности.

Хотелось бы подчеркнуть, что используемое нами понятие «реальность» является более широким философским понятием по сравнению с понятием «материя». С нашей точки зрения, *материя является лишь частью реальности* окружающего нас мира, который обладает также и нематериальными свойствами.

Наши исследования показали, что *реальность имеет сложную структуру* и обладает одновременно как материальными (физическими), так и нематериальными (информационными) свойствами. Причем, этими свойствами обладает не только реальность в целом, но также все, без исключения, ее фрагменты и компоненты.

Именно эта *двойственность реальности* и является ее фундаментальным и наиболее важным свойством и качеством. Она принципиально неустранима и является первоосновой всех тех процессов и явлений, которые происходят в природе, обществе, в сознании людей, а также в компонентах реальности, находящихся вне этого сознания.

Важный философский вывод, который следует из этих утверждений, состоит в том, что новые результаты в области философии информации создают основу для формирования *новой мировоззренческой парадигмы*, в основе которой должно лежать признание существования двойственной материально-информационной природы реальности и всех ее фрагментов и компонентов. Эта новая парадигма должна стимулировать как дальнейшее развитие самой философии информации, так и практическое использование ее результатов при проведении трансдисциплинарных

исследований.

Некоторые актуальные задачи философского изучения феномена информации

Приведенные выше результаты позволяют указать на некоторые актуальные задачи философского изучения феномена информации. В их числе наиболее важными нам представляются следующие:

1. Изучение соотношений между материальными и информационными свойствами объектов, систем и процессов физического мира. Такие исследования в последние годы уже ведутся в России и получили название *физической информатики* [7];
2. Изучение соотношений между материальными (физическими) и информационными аспектами сознания. Одно из возможных названий этого направления — *психологическая информатика* [2];
3. Исследование соотношений между материальными и информационными свойствами отдельных компонентов продуктов сознания (науки, культуры, искусства и т.п.). В этой области уже формируется новое научное направление — *информационная культурология* [13-14];
4. Исследование природы человека на основе концепции информационного подхода и формирование новой научной дисциплины — *информационной антропологии* [15];
5. Исследование информационных оснований этики. Здесь хотелось бы обратить внимание на весьма оригинальную концепцию информационной этики, которую предлагает профессор Хертфорширдского университета (Великобритания) Лучано Флориди [16].

Перспективы формирования трансдисциплинарной научной отрасли «Информационные науки»

Изложенное выше философское понимание природы информации открывает новые возможности для изучения (на основе информационного подхода) самых различных объектов и систем нематериальной реальности. В их числе следует указать культуру и искусство, образование, науку, экономику и политику. В настоящее время такие исследования в России уже проводятся.

Крупная проблема связана с изучением *объектов и систем естественной природы* на основе информационного подхода. Это поможет не только создать новые эффективные технологии, но и сделать наше мировоззрение более адекватным объективной реальности.

Гипотеза об информационном единстве реальности должна содействовать развитию исследований в области *изучения сознания человека* и разработке на этой основе *новых методов познания и обучения*, а также систем искусственного интеллекта и роботов.

Однако, для того, чтобы эффективно решать перечисленные проблемы, необходимо сформировать новую научную отрасль —

«Информационные науки». Вполне возможно, что именно эта отрасль станет фундаментом для более тесной интеграции естественных и гуманитарных наук и формирования на этой основе более целостного научного знания.

Литература

1. Колин К.К. Структура реальности и феномен информации // Открытое образование, № 5, 2008. — С. 56-61.
2. Колин К.К. Философия информации и перспективы развития информатики //Межотраслевая информационная служба, 2014, Вып. 1(66). — С. 3-9.
3. Колин К.К. Философские проблемы информатики. — М.: БИНОМ, 2010. — 264 с.
4. Brenner, J.E. Information in Reality. Logic and Metaphysics. *triple-C* 9(2), 2010. pp 332-341.
5. Wu Kun. Thirty years research for Philosophy of Information of China. // Открытое образование, № 5, 2011. — С. 28-49.
6. Floridi L. The Philosophy of Information. Oxford: Oxford University Press. 2010.
7. Гуревич И.М., Урсул А.Д. Информация — всеобщее свойство материи: Характеристики, оценки, ограничения, следствия. — М.: ЛИБРОКОМ, 2012. — 312 с.
8. Колин К.К. Философия информации и структура реальности: концепция «четырех миров» //Знание. Понимание. Умение. № 2, 2013. — С. 136-147.
9. Колин К.К. Структура реальности и философия информации //Знание. Понимание. Умение. № 3, 2013. — С. 13-25.
10. Философский словарь / Под ред. И. Т. Фролова. — М.: Республика, 2001. С. 402.
11. Поппер К. Р. Знание и психофизическая проблема: В защиту взаимодействия. — М. Изд-во ЛКИ, 2008. — 256 с.
12. Глушков В.М. О кибернетике как науке //Кибернетика, мышление, жизнь. — М.: 1964.
13. Колин К.К. Информационная культурология: философские и научно-методологические основания изучения и развития информационной культуры человека и общества /Современные информационные технологии и ИТ-образование /Сб. избр. тр. VIII Межд. научно-практич. конф. Под ред. В.А. Сухомлина. — М.: ИНТУИТ. РУ, 2013. — С. 4-13.
14. Колин К.К., Урсул А.Д. Информационная культурология: предмет и задачи нового научного направления. — Saarbrücken, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. — 249 pp.
15. Колин К.К. Информационная антропология: предмет и задачи нового направления в науке и образовании //Вестник Кемеровского гос. университета культуры и искусств, 2011, № 17. — С. 17-32.
16. Флориди Л. Философия информации. Oxford University Press, 2011.
17. Колин К.К. О структуре научных исследований по комплексной проблеме «Информатика» //Социальная информатика. М.: ВКШ, 1990. С. 19-33.
18. Колин К.К. Актуальные философские и научно-методологические проблемы развития информатики //Метафизика. Научный журнал. — М.: РУДН, 2013, № 4(10). — С. 10-34.
19. Колин К.К., Луков Вал.А. Новый этап развития информационной науки //Знание.Понимание. Умение. № 3, 2013. — С. 8-12.

Алешин С.В.

Алгебраические системы конечных автоматов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Конечный автомат, отображение, алгебраическая система.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются алгебраические системы, элементами которых являются отображения, реализуемые конечными автоматами. С помощью автоматов строятся полугруппы, группы, кольца с различными свойствами, которые позволяют использовать их в разнообразных приложениях.

Считается, что начало широкому потоку исследований конечных автоматов и их обобщений положила работа Э. Мура [1]. Конечный автомат является частью машины Тьюринга, и в этом качестве ядром каждого алгоритма является соответствующий автомат.

Автомат \mathfrak{R} — это пятерка $\mathfrak{R} = (A, Q, B, \varphi, \psi)$, где A, B, Q — конечные множества, называемые, соответственно, входным, выходным алфавитом и алфавитом состояний, а $\varphi: A \times Q \rightarrow Q$ — функция переходов, $\psi: A \times Q \rightarrow B$ — функция выходов.

Из определения сразу следует возможность смотреть на автомат как на многоосновную алгебру с бинарными операциями Φ и Ψ , которые связывают своим действием три конечных множества A, B, Q . Однако, более важным оказалось рассмотрение, наряду с этой алгеброй отображения множеств слов во входном алфавите A^* (входной полугруппы) во множество слов в выходном алфавите B , которое реализуется автоматом.

Такой подход утвердился после работ [2,3,6], и взгляд на автомат одновременно как на алгебру и как на функцию оказался плодотворным при рассмотрении самых разных объектов, связанных с автоматами.

Как уже было замечено, «главной» частью всякого алгоритма является соответствующий конечный автомат. Поэтому при реализации алгоритма возникает задача синтеза этого автомата с помощью тех или иных средств. В силу сложности современных алгоритмов приходится решать задачу их декомпозиции, разложения на более простые, доступные для обозрения, тестирования части, что в свою очередь приводит к задаче декомпозиции автоматов и реализуемых ими отображений.

С автоматом \mathfrak{R} с начальным состоянием q^0 свяжем отображение $\mathfrak{R}_{q^0}: A^* \rightarrow B^*$, так что $\mathfrak{R}_{q^0}(x) = \Psi(q^0, x)$, $x \in A^*$.

Здесь действие функции выходов ψ и функции переходов φ распространено на множество A^* всех слов в алфавите A по правилу

$$\Psi(q^0, xa) = \Psi(q^0, x), \Psi(\varphi(q^0, x), a), \varphi(q^0, xa) = \varphi(\varphi(q^0, x), a).$$

Определим отношение эквивалентности \equiv на множестве слов A^* $\alpha_1 \equiv \alpha \Leftrightarrow \forall \alpha, \beta \psi(\alpha \alpha_1 \beta) \equiv \psi(\alpha \alpha_2 \beta)$. Это отношение является конгруэнцией на A^* и определяет конечную полугруппу S как образ свободной полугруппы A^* при естественном гомоморфизме. Полученную полугруппу называют полугруппой автоматного отображения \mathfrak{R}_{q^0} .

Ясно, что строение полугруппы S зависит от выбора функции выходов ψ и если менять ψ , сохраняя остальные параметры автомата, полугруппа S также, вообще говоря, будет меняться.

Можно определить еще одну полугруппу, рассматривая только «переходную систему» автомата \mathfrak{R} , то есть тройку (A, Q, φ) . Для каждого слова $\alpha \in A^*$ определим отображение

$$\varphi_\alpha: Q \rightarrow Q, \varphi_\alpha(q) = \varphi(q, \alpha).$$

Таким образом на A^* определено отношение эквивалентности, которое является конгруэнцией. Каждая буква входного алфавита $a \in A$ задает отображение $\varphi_a: Q \rightarrow Q$ и может рассматриваться как образующая в конечной полугруппе отображений на Q , которую будем называть внутренней полугруппой $P_{\mathfrak{R}}$ автомата \mathfrak{R} . Можно показать, что если все состояния автомата достижимы из начального и попарно отличимы, то абстрактная полугруппа изоморфна внутренней полугруппе $P_{\mathfrak{R}}$, является гомоморфным образом полугруппы отображения \mathfrak{R}_{q^0} .

Одной из первых задач теории автоматов стала задача декомпозиции, то есть построение автомата из компонент, которые в каком-то смысле были бы проще исходного автомата [6]. Обычно различают компоненты двух видов — автоматы без памяти, операторы, у каждого такого автомата только одно состояние, и автоматы, с числом отличимых состояний больше единицы.

Внутренняя полугруппа оператора тривиальна — это единичная группа. Полугруппа отображения оператора более сложная — из определения видно, что ею будет полугруппа нулей, множество элементов полугруппы совпадает с множеством букв входного алфавита. Удобно рассматривать не только абстрактные алфавиты, но и их представления в виде декартовых произведений. В этом случае буквы алфавита представляются набором, например, из 0 и 1, что позволяет использовать операторы и автоматы с многими входами и выходами.

Связывая с автоматами соответствующие полугруппы, можно воспользоваться традиционной техникой разложения полугрупп (групп) и строить на этой основе теорию декомпозиции автоматов.

Подробный разбор приемов декомпозиции автоматов, которые прямо заимствованы из соответствующих конструкций для групп и полугрупп, проведен в [6]. Все они, наряду с силой, демонстрируют и определенные слабые стороны, поскольку не учитывают ряд важных требований, предъявляемых к реальным автоматам.

В частности, всякая реализация автомата приводит к некоторому

кодированию алфавитов состояний входов и выходов. Разные кодирования определяют разные сложности, при этом важное значение имеет число входных и выходных каналов, число каналов связи между компонентами, соотношение сложности компонент и связей между ними и т.д.

Одна и та же абстрактная группа может быть представлена с помощью автоматов различной сложности. Так например, симметрическая группа S_n может быть представлена автоматом с n состояниями и входным алфавитом той же мощности, а может быть представлена автоматом с n состояниями и одним бинарным входом.

В практике декомпозиции обычно используются избыточные средства. Однако можно заметить, что некоторая информация оказывается необходимой и присутствует в любой декомпозиции.

В алгебраической теории разложений (расширений) групп и полугрупп роль неразложимых элементов играют простые группы. Как было показано в [6], в декомпозициях автоматов простые группы сохраняют особую роль «неисчезающих» элементов, если не используется операция обратной связи.

Абстрактная полугруппа H называется делителем автомата \mathfrak{R} , если H является гомоморфным образом внутренней полугруппы \mathfrak{R} .

Оказывается, если H — простая группа, являющаяся делителем \mathfrak{R} , то в любой декомпозиции \mathfrak{R} без обратных связей найдется компонента \mathfrak{R}' такая, что H является делителем \mathfrak{R}' .

Этот факт был установлен благодаря обнаруженной в [6] связи между суперпозициями автоматов и операцией сплетения полугрупп. Операция сплетения полугрупп подстановок имеет отчетливо выраженный «автоматный» характер, и элемент сплетения можно описать как подстановку, реализуемую некоторой «двухтактной машиной» [29].

Таким образом, автомат можно рассматривать как носитель «внутренней» полугруппы подстановок на множестве состояний. В то же время автомат — это отображение множества входных слов A^* (последовательностей) в множество выходных слов.

Если зафиксировать алфавит A и рассматривать множество (инициальных) автоматов вида $(A, Q, A, \varphi, \psi, q^0)$, у которых A является и входным и выходным алфавитом, то на этом множестве естественно определяется ассоциативная операция умножения — последовательное соединение автоматов. Полученная полугруппа AP_n автоматных отображений изучалась в [10] и обладает рядом интересных свойств. В AP_n любая порождающая система бесконечна и приводима, то есть содержит собственную подсистему, порождающую AP_n . Среди отображений, реализуемых автоматами из AP_n можно выделить взаимнооднозначные, которые образуют подгруппу полугруппы AP_n . Эту группу называют группой автоматных подстановок AP_n (n — мощность A). В группе можно найти большой набор подгрупп с интересными свойствами. Уже первые работы [7] показали, что группа AS_n обладает уникальными свойствами и

богатыми возможностями для представления как конечных, так и бесконечных групп. С помощью автоматных подстановок можно моделировать различные групповые конструкции.

Работа [8] показала, что сплетения групп вкладываются в AS_n , а это в свою очередь, открывало возможности для моделирования. Начиная с работ [11,15] внимание многих исследователей было привлечено к двум «полярным» классам автоматных групп — класс периодических и класс свободных групп.

Оказалось, в AS_n содержатся конечнопорожденные бесконечные периодические подгруппы, что дает серию примеров, решающих известную проблему Бернсайда. В многочисленных последующих работах [13,14,23] группы, описанные в [11] подробно исследовались, результат [11] передоказывался (подробный разбор этого проведен в [12]).

Интересно, что на возможную связь автоматов с проблемой Бернсайда указывал еще В.М. Глушков в работе [2]. Правда, В.М.Глушков связывал надежды с внутренней полугруппой автомата или с изучением конгруэнтностей на свободной (входной) полугруппе с нерегулярными (в смысле Клини) классами эквивалентности, а решение нашлось в алгебре, элементами которой являются автоматы.

Как уже сказано, первый пример группы автоматных подстановок, который решает «общую проблему Бернсайда [12]», был построен автором в 1972 году [11]. В дальнейшем появилось несколько работ, где использовались близкие конструкции. Авторы этих работ не скрывали (что естественно с точки зрения научной этики) связи своих работ с первой работой, показавшей возможность «автоматного» решения проблемы Бернсайда. Исключение составили работы Григорчука, который странным образом продолжает удивлять научный мир легендой о своем приоритете в этом вопросе. Последнее его «упражнение» на эту тему — абзац в статье [26]. Хотя это коллективная работа (содержание которой не связано с Бернсайдовской проблематикой), можно уверенно говорить, что данный абзац вставлен туда Григорчуком, которого остальные авторы, повидимому, сочли авторитетом. Приведем этот текст полностью в оригинале и переводе.

«The methods used in [Ale 72] are typical for the theory of finite automata (In fact the provided proof was incorrect; the first correct proof appears in [Mer 83] as a combination of the results from [Gri 80] and [Mer 83], as well as in the third edition of the book [KM 82] and [KAP 85]).»

«Использованные в [Ale 72] методы типичны для теории конечных автоматов (в действительности, доказательство было неверным; первое верное доказательство представлено в [Mer 83] как комбинация результатов из [Gri 80] и [Mer 83], а также в третьем издании книги [KM 82] и в [KAP 85]).»

Здесь [Ale 72], [Mer83], [Gri 80], [KM82], [KAP85] — это, соответственно, статья Алешина [11], статья Мерзлякова [27], статья Григорчука [14],

книга Каргаполова и Мерзлякова [12] и книга Кудрявцева, Алешина, Подколзина [5].

Как видно, нашему «герою» хочется быть если не автором, то хотя бы соавтором «первого верного доказательства», при этом взяв в соавторы выдающегося русского математика.

Мерзляков, один из авторов книги «Основы теории групп», которая долгие годы была и остается настольной книгой всех, кто интересуется теорией групп, увы, уже не может по достоинству ответить на попытки Григорчука использовать авторитет его имени, и мы покажем, как на самом деле складывалась история публикаций Григорчука.

В 1980 году, еще до опубликования статьи Григорчука в журнале «Функциональный анализ», его научный руководитель профессор А. Степин обратился ко мне с предложением послушать рассказ его аспиранта о новой работе по Бернсайдовской теме. В аудитории 16-го этажа Главного здания МГУ мы вместе с А.Степиным прослушали доклад Григорчука. К тому времени язык представления автоматных отображений как отображений отрезков был достаточно известен в научном фольклоре, о чем сразу Григорчуку было сказано, и ему был дан совет явно указать в предполагаемой публикации диаграммы соответствующих автоматов — порождающих группу. Это, по нашему мнению, существенно прояснило бы суть дела и упростило восприятие материала читателем. Совет этот Григорчуком не был воспринят, и как выяснилось позднее, не случайно.

В 1982 году вышло третье издание книги М.И.Каргаполова и Ю.И.Мерзлякова, в которой появился раздел, написанный Ю.И.Мерзляковым, с подробным анализом связи примеров Алешина и Григорчука.

Ю.И.Мерзляков приводит полное доказательство Алешина, при этом форма изложения, система обозначений им выбиралась исходя из методических соображений — так что, разумеется, текст книги не является копией оригинального текста статьи.

Приводя диаграммы автомата Алешина и «автомата Григорчука», Ю.И.Мерзляков не без сарказма замечает, что переход от первого ко второму напоминает «выламывание адамова ребра», и увидев эти автоматы, «вы можете почувствовать операцию выламывания ребра почти физически».

Что же касается его претензий на первенство, то, возвращаясь к цитируемому выше тексту из [26], заметим, что Григорчук выстроил последовательность «верных» решений так, что доказательство из книги [5] оказывается последним в этом ряду. Однако текст доказательства в этой книге — это копия текста из книги тех же авторов «Элементы теории автоматов», вышедшей в издательстве МГУ в 1978 году, когда Григорчук еще учился на мехмате, а книга имела достаточно широкое хождение на мехмате [4].

Другой вариант проблемы Бернсайда — «ослабленная проблема:

конечно ли число конечных групп данного периода с заданным числом образующих элементов» — также нашла отражение в работах по теории конечных автоматов. Прежде всего, это работы В.И.Малыгина, в которых периодические группы выступают как внутренние группы автоматов [18]. Идея Малыгина заключалась в том, что при последовательном соединении автоматов, у которых внутренние подгруппы являются группами, внутренняя группа суперпозиции вкладывается в сплетение «соединяемых» групп. При рассмотрении последовательных соединений абелевых автоматов, то есть автоматов с коммутативными внутренними группами, возникали линейные пространства, элементами пространств [18] выступали наборы выходных функций автоматов, и изучение размерностей дало возможность получить оценки порядка бернсайдовских конечных групп.

Группа автоматных подстановок содержит большое количество подгрупп с разными свойствами. Задача полной классификации таких подгрупп далека от завершения. В работе [22] приводятся примеры бесконечных автоматных групп, дающие решение ряда известных проблем теории групп. В ней содержится полное доказательство теоремы Алешина, а также показано, что группа Алешина из [4] имеет подэкспоненциальную функцию роста. В статье [22] также строится пример автомата с тремя состояниями, который порождает группу без кручения, содержащую свободную подгруппу.

В основательной большой работе [26] были описаны группы, каждая из которых порождается подавтоматами какого-нибудь автомата с не более чем тремя состояниями. Даже при таком малом числе состояний порождающих автоматов оказалось 122 неизоморфных группы. Интересно, что среди них только автомат из [21] порождает свободную группу. Заметим, что требование, чтобы все образующие группы были подавтоматами одного автомата, является сильным ограничением, и группы, порожденные автоматами с тремя состояниями, описаны не все. Это показывает пример свободной группы, порожденной двумя автоматами с тремя состояниями, которые не являются подавтоматами одного автомата с тремя состояниями [20]. Ряд работ, начиная с работы [21], посвящены свободным группам автоматов. Полное доказательство того, что группа из [21] является свободной, получено в 2006 году в работе [28]. Интересно, что автоматы — образующие этой группы являются «дважды групповыми», то есть внутренние подгруппы у них и у обратных к ним автоматам являются группами.

Такие автоматы составляют малую долю всех автоматов, а множество всех таких автоматов образуют подгруппу группы автоматных подстановок. Эта подгруппа не только содержит свободную группу, но и, как оказалось, периодическая часть этой подгруппы содержит элементы всех порядков (конечно, степеней двоек) [30].

Проблема порядков элементов группы автоматных подстановок в

общем случае не решена. В группе AS_n каждый элемент может быть представлен как произведение автоматов, у которых только в одном состоянии реализуется нетривиальная подстановка на входном алфавите $\{0,1\}$. В этой порождающей системе содержатся элементы второго и бесконечного порядков, в [31] построен пример автомата четвертого порядка, а недавно было показано [32], что в ней содержатся элементы всех конечных порядков. Наиболее интересным является вопрос о существовании алгоритма определения порядка автомата по его диаграмме.

Для некоторых подгрупп группы автоматных подстановок удается получить структурные теоремы. Например, группа линейных автоматов разрешима, она получается расширением бесконечной абелевой группы, каждый элемент в которой имеет порядок 2, с помощью бесконечной абелевой группы без кручения [4].

Группы автоматных отображений финитно аппроксимируемы.

В частности, автоматной является группа кос [25].

А.В.Рожков в большом цикле работ изучал класс групп, который является естественным обобщением автоматных групп [23, 24], и показал, что в этом классе существенно расширяются возможности для моделирования различных групповых свойств.

Автоматное отображение входной свободной полугруппы в свободную полугруппу выходных слов при подходящем кодировании алфавитов превращается в детерминированную функцию многих переменных. Алгебры автоматных функций с различными наборами операций изучались, как правило, с позиций проблемы выразимости, когда для двух множеств функций M и N и заданного набора операций \mathcal{F} требовалось определить, верно ли, что все элементы M порождаются из элементов N с помощью операций из \mathcal{F} .

Связь с задачей декомпозиции здесь очевидна, так как каждый элемент M «раскладывается» на элементы из N . Поэтому алгебраические конструкции активно использовались и для решения задач выразимости, хотя свойства соответствующих алгебраических объектов не всегда обозначались в явном виде. Для примера, в [9] была построена бесконечная полная относительно суперпозиции система функций W .

Эта система оказалась наследственно приводимой, то есть любая ее полная подсистема вновь была приводима. В то же время с помощью системы W удалось построить неприводимую полную систему (базис), что показало большое отличие алгебры автоматов от известных алгебр функций.

Можно заметить, что элементы системы W таковы, что их внутренние полугруппы — это полные полугруппы подстановок на соответствующем множестве состояний. При этом представление полугруппы (диаграмма переходов) выбрано таким, что для любой подстановки из полугруппы найдется буква входного алфавита, которая индуцирует эту подстановку.

Это свойство внутренних полугрупп элементов W оказалось весьма удобным для конструкции, с помощью которой Д.Н.Бабиным был получен результат о полноте относительно суперпозиции функций двух переменных [16].

Важность результата [16] состоит еще и в том, что при использовании традиционных приемов построения расширений групп, как правило, не обращали внимания на конкретные представления используемых групп и полугрупп. В то же время, в задаче выразимости автоматных функций важно не просто смоделировать умножение в данной абстрактной полугруппе, а сделать это с учетом ограничений на кодирование алфавитов.

И результаты [6] о полноте специальных систем функций не проясняли ситуацию, поскольку рассматривали автоматы с неограниченным в совокупности числом входов. После работы [16] стало ясно, что можно существенно сузить класс представлений групп, используемых для построения полных систем.

В самом деле, в [19] было показано, что при наличии булевских операторов и константных автоматов простой делитель D выделяется из любого группового автомата, внутренняя группа которого делится на D . Так что не важно, какое представление группы имеется в нашем распоряжении. Отсюда, в частности, следует и результат [16] о полноте поскольку любая конечная простая группа является делителем группы S_n при подходящем n , а группа S_n может быть порождена двумя элементами и следовательно представлена автоматом с одним бинарным входом.

Еще один классический объект алгебры — полином возникает при рассмотрении так называемого линейного автомата. Если на множестве состояний Q автомата \mathfrak{A} задана структура линейного пространства (в случае конечного автомата это, очевидно, пространство над конечным полем), функция переходов — билинейное отображение пространства в себя и функция выходов также билинейна, то \mathfrak{A} называется линейным автоматом. С множеством линейных автоматов связано некоторое кольцо, используя структуру которого в [17] был получен для этого большого и содержательно важного класса автоматов алгоритм распознавания полноты конечных систем линейных автоматов. Как известно, линейные автоматы используются в различных системах шифрования и кодирования.

Огромное разнообразие алгебраических систем, связанных с автоматами, уже дает и в ближайшем будущем даст фундаментальную основу для построения устройств обработки информации.

Литература

1. Автоматы. Сборник статей под ред.К.Э.Шеннона, М.1956г.
2. В.М.Глушков Абстрактная теория автоматов УМН 1961г.
3. В.Б.Кудрявцев Лекции по теории автоматов М. Изд-во МГУ,1976 г.
4. В.Б.Кудрявцев, С.В.Алешин, А.С.Подколзин Элементы теории автоматов, М., Изд-во МГУ, 1978 г.
5. В.Б.Кудрявцев,С.В.Алешин,А.С.Подколзин Введение в теорию автоматов, М. 1985г.

6. Алгебраическая теория автоматов, языков и полугрупп. Сборник под ред. М.А.Арбиба, М.1975г.
7. Б.Чакань, Ф.Гечег О группе автоматных подстановок. Кибернетика, №5, 1965.
8. Заровный В.П. Автоматные подстановки и сплетения групп. ДАН СССР. 1965, 160, №3.
9. С.В.Алешин О суперпозициях автоматных отображений Кибернетика, 1, 1975г.
10. С.В.Алешин Об отсутствии базисов в некоторых классах инициальных автоматов. Проблемы кибернетики, вып.22, 1970 г.
11. С.В.Алешин Конечные автоматы и проблема Бернсайда о периодических группах. Мат. заметки, вып.3, 1972.
12. М.И.Каргаполов, Ю.И.Мерзляков Основы теории групп, издание третье, М.1982г., глава 8
13. В.И.Суцанский ДАН СССР, 1979, 247, №3, с. 557-561.
14. Р.Григорчук К проблеме Бернсайда о периодических группах. Функциональный анализ, 1980, т.14, вып.1 .
15. Р.Григорчук Степени роста конечно-порожденных групп, Известия АН СССР, Сер.мат., 1984, №5 .
16. Д.Н.Бабин О полноте двуместных о.-д. Функций относительно су-
17. А.А.Часовских Об алгоритмической разрешимости проблемы полноты для линейных автоматов. Вестник МГУ 1985г.
18. В.И.Малыгин О некоторых пространствах, связанных с композициями автоматов. Вестник МГУ 1988 вып.4.
19. С.В.Алешин Об одном следствии теоремы Крона-Роудза. Дискретная математика 1999г. том 11 вып 4.
20. С.В.Алешин Автоматное представление свободной группы Дискретная математика, том 23, выпуск 3, 2011.
21. С.В.Алешин Свободная группа конечных автоматов Вестник Московского унив., серия 1, 1983, №4.
22. Zuk A. Groupes engendrés par les automates. Seminar N.Bourbaki, volum 2006-2007, №971.
23. А.В.Рожков. К теории групп алешинского типа, Математические заметки, т.40, №5, 1986 г.
24. А.В.Рожков. Условия конечности в группах автоморфизмов деревьев, Алгебра и логика, 37, №5, 1998.
25. Y.Lavrenyuk, V.Mazorchuk, A.Oliynyk, V.Sushansky On braid groups acting on rooted trees, Uppsala University Report 2005:7.
26. Bondarenko I., Grigorchuk R., Kravchenko R.,... On classification of groups generated by 3-state automata over a 2-letter alphabet. Algebra Discrete. Math. (2008), №1, 1-163.
27. Мерзляков Ю.И. О бесконечных конечнопорожденных периодических группах ДАН СССР, 1983, т.208 №4.
28. Vorobets M., Vorobets Y. On a free group of transformation defined by an automaton. Geom. Dedicata (2007), 124.
29. Алешин С.В. Автоматы в алгебре и алгебра в теории автоматов. Современные проблемы математики и механики. Т.1, 2009 .
30. Н.Г.Бокк О порядке элемента в группе автоматных подстановок. Интеллектуальные системы, том 16, выпуск 1-4, 2012 г.
31. Макаров В.В. О группах автоматных подстановок. Фундаментальная и прикладная математика, 1996, 2, №1.
32. И.Виноградов Порядки элементов в порождающей системе группы автоматов. Интеллектуальные системы, том 17, 2013 г.

Аншина М.Л.

Председатель Комитета по стандартам Российского Союза ИТ-директоров

Обзор основных тенденций современных ИТ: облачные сервисы, мобильность и большие данные

Современные информационные технологии переживают очередной взлёт. Появились технологии, которые выводят использование информации на новый уровень, делают ее одним из основных двигателей развития организаций и конкурентной борьбы. Эти новые технологии требуют новых подходов с точки зрения управления, внедрения, использования и обучения. К ним прежде всего можно отнести облачные технологии, мобильность и большие данные.

Облачные технологии

По прогнозам всех аналитиков, как отечественных, так и западных, рост рынка облачных услуг существенно опережает рост ИТ в целом, а его рост в России опережает общемировой рост.

По оценке TAdviser рост рынка облачных услуг России в 2013 году превысил 70% и составил более 13 млрд.руб. По прогнозам IDC, отечественный рынок облачных услуг будет продолжать расти гораздо быстрее, чем ИТ-рынок в целом, и к концу 2016 года объем этого сегмента составит более 460 млн долл, а среднегодовой темп роста — более 50 %. По данным аналитического исследования Orange Business Services в общей сложности доля облачных сервисов и связанных с ними сопутствующих услуг достигнет 13% от рынка ИТ-услуг России (сейчас — около 1%).

По оценке J'son & Partners Consulting российский рынок облачных сервисов может составить 19,9 млрд рублей в 2014 году и 25 млрд рублей — в 2015 г.

По данным SAP к 2016 году более 75% всех новых расходов на ИТ будут связаны с облачными сервисами и более 70% CIO будут считать переход к облачным решениям основной стратегической задачей.

Эти данные означают, что пока аналитики, консультанты, менеджеры и все, кто связан с рынком ИТ спорили, что такое облака, не очередной ли они мыльный пузырь отрасли, будут ли они использоваться и насколько широко, cloud не просто вошли, а влетели в мир ИТ. И похоже, что спорить уже поздно, а надо с максимальной скоростью придумать и воплотить средства их выбора, внедрения, использования, управления и вывода из эксплуатации. Если международные организации уже около 10 лет разрабатывают стандарты и юридические нормы применения облаков, то в нашей стране все это находится на самой ранней стадии развития. Возможно, именно потому, что долгое время сама возможность использования облаков в России оценивалась весьма невысоко.

В подтверждение своих слов приведу некоторые факты. В сентябре

2012г. Европейская комиссия разработала стратегию «Высвобождение потенциала облаков в Европе» (“Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe”). Целью создания документа по утверждению его создателей было сделать облака двигателем экономического развития и инноваций. А это невозможно без твердого нормативного и юридического фундамента. Европейская комиссия предлагает начать с общеприменимых определений требований, которые в дальнейшем конкретизировать для отдельных отраслей промышленности, в частности, для медицины, социальной защиты, оказания государственных услуг. Создание таких требований позволит сократить затраты на выбор и использование облачных сервисов и повысить их интероперабельность.

Стратегия состоит из трех ключевых частей:

1. Безопасные и справедливые условия договора

В этой части стратегии обсуждаются следующие вопросы:

- защита данных после окончания договора;
- раскрытие и целостность данных;
- местоположение и передача данных;
- права собственности на данные;
- прямая и непрямая ответственность облачных провайдеров и субподрядчиков за изменение сервиса.

2. Выявление необходимых технических стандартов

Эта часть стратегии посвящена определению технических стандартов облачных сервисов, которые позволят пользователям достичь необходимого уровня интероперабельности, портируемости данных и реверсивности. В этой части члены комиссии работают над созданием сертификационных схем, которые должны быть созданы и утверждены в этом году.

3. Создание Европейского облачного партнерства

Создание такого партнерства по мнению авторов стратегии объединит усилия различных отраслей промышленности в том числе публичного сектора экономики по созданию общих закупочных требований для облачных сервисов открытым и прозрачным способом. В этой работе признается руководство публичного сектора как играющего ключевую роль на рынке сервисных облаков. Однако отмечается, что этот сектор экономики фрагментарен и мало влиятелен, поэтому в партнерство необходимо вовлекать также представителей других областей экономики.

К созданию стратегии были привлечены высококвалифицированные эксперты ИТ и телекоммуникаций, а также специалисты ИТ государственных предприятий. Европейское сообщество выделило на создание стратегии внушительный бюджет (начальная сумма составила 10 млн. евро), который будет увеличен в течение ближайших лет.

Кроме этого Европейская комиссия работает над созданием методов для упрощения перехода от одного сервисного провайдера к другому. А

ведь именно сложности такого перехода, а не пресловутая безопасность, больше всего тормозят использование облаков.

Впрочем, если говорить о безопасности облаков, то тут уже довольно давно существует стандарт аудита (который также подходит для самоаудита). Я имею в виду «Опросник оценки состояния безопасности облачной среды» Cloud Security Alliance (<https://cloudsecurityalliance.org/>), переведенный на русский язык Российским подразделением этой организации, который находится на их сайте (<http://www.risspa.ru/csa/caiq>) и может уже сейчас использоваться для анализа облачных провайдеров.

В России большинство заинтересованных сторон также понимают необходимость стандартизации и создания законодательной основы для рынка облачных услуг. В 2013 году Минсвязи объявило о проведении открытого конкурса на право заключения государственного контракта на выполнение научно-исследовательской работы по теме: «Нормативно-правовое обеспечение возможности использования облачных технологий». Конкурс выиграла Высшая школа экономики, однако результаты работы так и не появились в широком доступе. В июле этого года был создан Экспертный совет по вопросам использования облачных вычислений при Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. Есть надежда, что в ближайшее время этот Совет развернет работу по созданию фундамента использования облачных технологий в России.

Однако велика опасность, что медленно раскручивающийся маховик Российской стандартизации и нормативно-правовой деятельности для облаков не успеет за самим развитием технологий и потребностями в них отечественных компаний.

А это приведет к еще большему отставанию государства и российских компаний в области ИТ. Ведь уже и государственные органы признали, что облака необходимы. В частности Минкомсвязи недавно сообщила, что все ведомственные ИТ-системы подключатся к «Гособлаку» после 2016 года. Причем опытная эксплуатация назначена уже на 2015 г. Поэтому сейчас очень важно не упустить время.

Большая часть рынка облачных технологий все еще составляет IaaS (Инфраструктура как сервис) или, проще говоря, Аренда ЦОД. Но SaaS (Программное обеспечение как сервис) все активнее догоняет, и по оценкам аналитиков уже в ближайшее время перегонит IaaS. Рынок PaaS (платформа как сервис) в России, в отличие от Европейских стран и США, пока занимает очень маленькую часть рынка. Возможно причина в разнообразии используемых платформ и в бедности российского рынка в этом сегменте.

Если обратить внимание на функционал SaaS решений, то уже около четверти рынка облаков в России приходится на рынок ERP-систем. Все больше компаний готовы использовать довольно серьезные облачные решения.

Почему? А потому, что облачная модель использования, прежде всего SaaS позволяет решить многие проблемы современных ИТ:

1. Высокая стоимость проектов, длительные сроки и большие риски внедрения ИС;
2. Недостаток гибкости при собственном владении ИС;
3. Высокое ТСО (совокупная стоимость владения);
4. Большое количество установленного, но малоиспользуемого или вовсе не используемого ПО;
5. Необходимость компании, не относящейся к ИТ-рынку, нанимать, содержать и удерживать штат высококвалифицированных ИТ-специалистов.

Все это, возможно, не столь принципиально для крупных компаний, которые действительно предпочитают использовать частные или гибридные облака. Но эти проблемы препятствуют компаниям СМБ получать современные ИТ-сервисы и заставляют их довольствоваться теми, которые они в состоянии поддерживать. Таким образом, облака являются средством демократизации ИТ. Они позволяют большому количеству молодых компаний сосредоточиться на основной деятельности, получая необходимые для нее ИТ-сервисы из облака, гибко меняя эти сервисы и относительно легко наращивая мощности и качество их использования.

Интересно, что аналитики давно уяснили эту особенность облаков и в последних исследованиях обязательно отводят сектору СМБ отдельное место. В частности аналитики Parallels в 2013 году заявили, что к 2016 года размер рынка облаков в СМБ увеличится практически в 2,2 раза, что, как вы можете видеть, существенно превосходит общий рост рынка.

Мобильность

Мобильные устройства также активно захватывают рынок. В частности в соответствии с докладом Еврокомиссии, рынок мобильных приложений в Евросоюзе к 2018 году вырастет в три раза относительно 2013 г.- до 18,7 млрд. евро. По результатам исследования Dimensional Research, больше половины компаний разрешают своим сотрудникам подключать к корпоративным сетям собственные мобильные устройства. По данным исследования VMware в 2014 г. около 23% российских сотрудников станут полностью мобильными, а к 2019 этот показатель достигнет 40%. В этом исследовании приводится также информация, что 100% руководителей и 84% лиц, ответственных за принятие финансовых решений, уже являются мобильными, т.е. обладают мобильными устройствами, которые используют для выполнения профессиональных обязанностей.

И эти технологии также долгое время подвергались пристальному вниманию рынка, который решал, стоит их использовать или нет. Доводами, почему мобильность неприменима в российских компаниях, прежде всего, служили вопросы безопасности и желания (скорее нежелания) сотрудников быть постоянно в рабочем процессе. Однако опыт отдельных компаний показывает огромные возможности использования

мобильности для повышения эффективности деятельности организаций. Действительно, своевременное решение, принятое руководителем или ключевым сотрудником, может оказать важнейшее воздействие на компанию. Подключение к бизнес-процессу или технологическому процессу сотрудников, которые не могут быть оснащены стационарным рабочим местом по причине специфики своей работы (например, страховые агенты, водители, и т.д.), позволит компании организовать эти процессы совершенно по-новому.

Кажется, и тут вопрос использования уже не стоит. Хотя бы потому, что руководство, которое уже сейчас почти полностью мобильно, хочет пользоваться корпоративными сервисами всегда и везде.

В этой области вопросы стандартизации также активно исследуются. Хочу назвать рекомендации НИСТ (Национального института стандартизации США) «Руководство для управления и обеспечения безопасности мобильных устройств (Guidelines for Managing and Securing Mobile Devices in the Enterprise (Draft))» появившиеся в 2013 г. В России в том же 2013 г. на основе этого документа были выпущены рекомендации для ИТ-директоров «Корпоративная мобильность сегодня и завтра. Рекомендации СоДИТ».

Юридическая основа мобильности связана прежде всего с законом о персональных данных и на первый взгляд не требует специальных доработок в области законодательства. Возможно, должны появиться законы, определяющие ответственность работника за получение третьими лицами доступа через принадлежащее ему устройство к корпоративным сервисам и правила работы с этими устройствами.

Мобильность тесно связана с облаками. В ситуации использования мобильных устройств, т.е. осуществляя доступ к корпоративным сервисам ИТ через Интернет, местоположение программного обеспечения и тем более инфраструктуры становится совершенно неважно.

Большие данные

Пожалуй, большие данные — это наиболее неопределенная из рассматриваемых технологий с точки зрения перспектив ее широкого использования. Кто-то просто не видит в ней ничего нового по сравнению с классическими методами бизнес-аналитики. Кто-то, просто не находит в ней предмета, так как числа, с которых данные можно рассматривать как «большие», постоянно увеличиваются. Подобное отношение связано прежде всего с неправильным толкованием термина «большие данные». Под этим понимают просто большие объемы данных. Однако даже классическое определение McKinsey определяет, что термин «большие данные» относится к наборам данных, размер которых превосходит возможности обработки классических СУБД по занесению, хранению, управлению и анализу информации. Есть и еще один аспект больших данных, это то, что они должны уметь работать с разноформатными данными, в частности, с веб-журналами, видео-файлами,

геопространственными данными. Т.е. большие данные позволяют извлечь информацию из неструктурированных и неподдающихся обычным методам обработки данных. Учитывая, что по мнению IDC уже в 2020 г. на каждого жителя нашей планеты будет приходиться 5200 гигабайт (Гб) накопленных данных, возможности получения полезной информации и использования ее на благо компании и ее бизнесу, воистину безграничны. Можно конечно успокаивать себя тем, что вполне хватит и информации, получаемой из не столь больших данных стандартным образом, как делают сегодня многие руководители. В очередной раз хочу напомнить закон Спенсера:

1. Каждый может принять решение, располагая достаточной информацией;
2. Хороший руководитель способен принять решение, располагая недостаточной информацией;
3. Идеальный руководитель способен принять решение, не зная решительно ничего.

В соответствии с этим законом, только, как можно более полная информация, позволяет организации добиться успеха. Ведь трудно представить себе организацию, состоящую исключительно из гениев. И еще одно соображение: если компания не воспользуется полезной для себя информацией, это обязательно сделают конкуренты.

Многие компании уже на практике осознали для себя выгоду больших данных. Исследование Accenture, проведенное осенью 2014г. показало, что 60% компаний уже успешно завершили как минимум один проект, связанный с большими данными. Причем 92% представителей этих компаний оказались довольны результатом, а 89% заявили, что большие данные стали крайне важной частью преобразования их бизнеса. Какие еще ИТ могут похвастаться такой результативностью!

Для больших данных не менее, чем для других рассмотренных нами технологий, важна информационная безопасность. Поврежденные, намеренно или случайно, данные, устаревшая информация могут привести не к полезным, а к пагубным для компании решениям. При работе с большими данными, когда сложность обработки многократно увеличивается, надо быть особенно осторожными.

Однако культура работы с данными и с информацией в нашей стране по-прежнему остается на невысоком уровне. Качество информации не является ее неотъемлемым признаком. Большинство руководителей не привыкли задумываться, откуда взялись числа, на которых они строят свои выводы и политику. Я предвижу, что вопросы качества информации и защиты этого качества станут важнейшими в ближайшие годы.

Технологическая и управленческая составляющие новых технологий

Не секрет, что все вышперечисленные новинки с технической точки зрения являются развитием уже знакомых нам моделей: облака —

виртуализации, мобильность можно рассматривать как развитие персональных компьютеров и ноутбуков, большие данные — как развитие бизнес-аналитики. Однако важно то, что их можно и нужно рассматривать отнюдь не только с технической точки зрения, а как новые модели предоставления ИТ широкому кругу граждан.

Облака позволяют перейти к массовому и гибкому оказанию ИТ-услуг практически всем, кому они могут быть полезны: гражданам государства, сотрудникам организаций, клиентам и партнерам, контролирующим органам вне зависимости от размеров компании. Получение того или иного сервиса может быть больше не связано с высокочастотными и длительными ИТ-проектами с неопределенным исходом. При правильной организации работы, как поставщиков, так и потребителей, ИТ-сервисы должны подключаться просто и быстро и обладать всеми необходимыми заказчику качествами. Способы оплаты таких сервисов также кардинально меняются: теперь заказчик платит именно за то, что израсходовал. Мобильность позволяет кардинально перестроить деятельность предприятия, существенно повысить его гибкость и уровень автоматизации. Большие данные позволяют извлечь необходимую предприятию информацию, представить ее в наглядной форме и использовать для оперативного и стратегического управления.

Вышеперечисленные технологии окажут и уже оказывают существенное влияние на бизнес и общество. Не замечать эти тенденции и не учитывать их опасно, потому что методы управления, эксплуатации и обслуживания ИТ для эффективного использования этих технологий должны будут существенно измениться.

Обслуживание и эксплуатация таких технологий требуют новых подходов и стандартов. Необходимо учитывать принципиально новые требования к их надежности и скорости реакции на инциденты и проблемы. Обслуживание ИТ-сервисов должно стать в большей степени проактивным, предупреждающим возникновение сбоев, а не устраняющим их после того, как их обнаружили пользователи. Должны активно использоваться средства самовосстановления и краудсорсинга. Необходимо предусмотреть тонкую классификацию пользователей, с тем, чтобы максимально быстро помочь слабым и дать большую самостоятельность сильным.

ИТ-грамотность

Новые технологии выдвигают новые требования к тем, кто будет их использовать в качестве инструментов. От компьютерной грамотности, которая предполагает умение обращаться с ПК, нам придется перейти к массовому освоению ИТ-грамотности, которая потребует от нас навыков работы с информацией и новыми технологиями. В противном случае придется к каждому сотруднику приставить одного, а лучше несколько ИТ-специалистов, чтобы они помогли ему работать с новыми технологиями. Как вы понимаете, такой подход ни к чему хорошему привести не может.

Наиболее эффективно новые технологии могут применяться только в случае индивидуального подхода, когда каждый сотрудник полностью владеет этими инструментами и использует их по мере необходимости в своей работе. Ведь именно так мы поступаем с другими инструментами.

Это требует полного пересмотра методик обучения, как специалистов, так и руководителей.

Компетенции ИТ-специалистов

Подтверждение тому, что ИТ выходят на новый виток своего развития, можно увидеть в массовом появлении новых специальностей в области ИТ. Это и менеджер по информации, огромную потребность в которых уже сегодня выявили многие иностранные компании, и которых уже готовят американские университеты. Это и технический писатель, профессиональный стандарт которого был недавно утвержден. Совершенно очевидно, что с развитием облаков и мобильности традиционные эникейщики уйдут со сцены, а специалисты по поддержке претерпят существенные изменения. Возможно на них ляжет задача развития ИТ-грамотности пользователей. Или эта роль отойдет в службу управлению персоналом и частично ляжет на средства дистанционного обучения. Важно, чтобы общество и учебные заведения своевременно реагировали на потребности отрасли и оперативно перестраивали учебные курсы в соответствии с ними.

Не секрет что продолжается работа над отечественными профессиональными стандартами, среди которых есть и 30 стандартов в области ИТ. В настоящее время проходит обсуждение «Методических рекомендаций по разработке профессиональных образовательных программ с учетом требований профессиональных стандартов». Важно предусмотреть процесс внесения изменения как в профессиональные, так и в образовательные стандарты, что особенно критично для ИТ, как для бурно развивающейся отрасли.

Важным вопросом развития ИТ-специалистов для развития и сопровождения новых технологий являются вопросы сертификации. В частности, компания Microsoft уже сертифицирует специалистов по облачным технологиям.

Использование новых технологий имеет и плюсы, и минусы. Поторопившись взять на вооружение новую, до конца не опробованную и мало используемую технологию, компания может бессмысленно потратить время и деньги. Но еще более опасно не заметить очевидных тенденций, считать на счетах, когда все уже сели за компьютер, строить свои дорогостоящие ЦОДы, когда все уже их арендуют, довольствоваться слабыми решениями, которые в силах поддерживать самостоятельно, когда все уже используют лучшие в своем классе решения из облака.

Но самое главное внимательно проанализировать возможности новых технологий для своих компаний, учесть все за и против и принять правильное и своевременное решение. А для этого сначала с ними надо

познакомиться. И не стоит их игнорировать.

Литература

1. Unleashing the Potential of Cloud Computing in Europe», European Comission< Brussels, 27.09.2012.
2. «Облачные сервисы (рынок России)», аналитический обзор TAdviser, сентябрь 2014 г.<http://www.tadviser.ru/>.
3. «Облачные сервисы 2013». Обзор cnewshttp://www.cnews.ru/reviews/new/oblachnye_servisy_2013/.
4. «Guidelines for Managing the Security of Mobile Devices in the Enterprise», NIST, июнь, 2013.
5. «Security Guidance for Critical Areas of Mobile Computing», Mobile Working Group, ноябрь 2012.
6. «Большие данные (BigData)», аналитический обзор TAdviser, март 2014.
7. «Бизнес-аналитика и большие данные в России 2014» Обзор cnews,http://www.cnews.ru/reviews/new/bi_bigdata_2014/.

**Ким А.К.¹, Бычков И.Н.², Волконский В.Ю.³, Воробушков В.В.⁴,
Груздов Ф.А.⁵, Михайлов М.С.⁶, Нейман-заде М.И.⁷, Парахин Ю.Н.⁸,
Семенихин С.В.⁹, Слесарев М.В.¹⁰, Фельдман В.М.¹¹**

¹ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», ген. директор, kim@mcst.ru;

²ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отдела, ignat@mcst.ru;

³ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отделения, vol@mcst.ru;

⁴ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. сектора, yvv@mcst.ru;

⁵ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отдела, fg@mcst.ru;

⁶ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отдела, maksim@mcst.ru;

⁷ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отдела, muradnz@mcst.ru;

⁸ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отделения, py@mcst.ru;

⁹ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. отделения, svs@mcst.ru;

¹⁰ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», нач. сектора, mish@mcst.ru;

¹¹ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука», зам ген. директора, feld@mcst.ru

Российские технологии «Эльбрус» для персональных компьютеров, серверов и суперкомпьютеров

Ключевые проблемы современной ИТ индустрии

Развитие информационных технологий в значительной степени определяется темпами развития в таких ключевых областях, как микроэлектроника и программное обеспечение. Они характеризуются экспоненциальным ростом числа транзисторов в микропроцессорах и экспоненциальным ростом объема и сложности программного обеспечения.

Экспоненциальный рост числа транзисторов в микропроцессорах и ограничения по мощности требуют создания новых параллельных микропроцессорных архитектур, однако требования совместимости с существующим программным обеспечением, распространяемым в виде двоичных кодов для широко распространенных аппаратных платформ, сдерживают развитие архитектуры процессорного ядра. Как следствие, стремительно растущий аппаратный параллелизм используется разработчиками микропроцессоров для увеличения числа процессорных ядер и расширения векторных регистров.

Как показали исследования [1], практически все программы обладают огромным потенциалом параллелизма на уровне операций — от нескольких десятков до нескольких тысяч операций за такт. Этот вид параллелизма наиболее универсален, он может быть эффективно поддержан в аппаратуре и обнаружен автоматически (с помощью компиляторов) в существующих программах. Векторный параллелизм (операции над упакованными данными) также поддается аппаратно-программной оптимизации, но имеет ограниченное применение в программах. Параллелизм потоков управления значительно труднее поддается программной автоматизации и зачастую требует усилий

программистов для явного распараллеливания программ. Таким образом, использование параллелизма на уровне операций является важнейшим методом повышения производительности процессорного ядра, вследствие чего повышается производительность многоядерных систем в целом, т.к. ускоряются вычисления на участках, не поддающихся другим видам распараллеливания.

Быстрый рост объема и сложности программного обеспечения характеризуется снижением его общей надежности из-за большого количества ошибок и уязвимостей. Например, размер дистрибутива Linux Debian с 2000 г. (Potato) по 2013 г. (Wheezy) вырос более чем в 9 раз по числу входящих в него пакетов и почти в 9 раз по размеру исходного кода, а надежность находится на уровне 1-5 ошибок на 1 тыс. строк кода. Последнее десятилетие характеризуется стремительным ростом киберпреступности и кибератак, что стало прямым следствием ошибок в программах, а также использованием существующих аппаратных архитектур, обладающих низким семантическим уровнем и не имеющих средств повышения надежности программ. Таким образом, вопросы безопасности и надежности программного обеспечения выходят на первый план на пути дальнейшего развития информационных технологий.

Решение всех перечисленных проблем возможно на базе технологий универсальных микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» [2-3]. Они обеспечивают высокую производительность процессорного ядра за счет параллельного исполнения операций при экономном энергопотреблении, обеспечивают полную и эффективную двоичную совместимость с самой распространенной в мире архитектурной платформой Intel x86, x86-64, а также предоставляют эффективные средства надежного программирования на базе аппаратно поддерживаемых защищенных вычислений. Благодаря этому микропроцессоры с архитектурой «Эльбрус» рассчитаны на широкий спектр применений, а их технологии постоянно совершенствуются и не уступают лучшим зарубежным аналогам.

Явное управление параллелизмом операций

Важнейшей особенностью архитектуры «Эльбрус» является явное указание процессорному ядру параллельно исполняемых операций, при этом анализ независимости и их *планирование выполняет компилятор*. Это позволяет отказаться от сложной и энергоемкой аппаратуры обеспечения внеочередного исполнения команд, используемой во всех современных универсальных микропроцессорах, и делает осмысленным расширение парка исполнительных устройств и повышение предельной производительности на такт до уровней, превосходящих возможности конкурирующих решений.

В первых 4-х поколениях микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус», включая процессоры «Эльбрус-2С+» и «Эльбрус-4С», с помощью широкой команды на одном процессорном ядре в каждом такте можно запускать на исполнение: на ациклических участках кода до 16 операций,

при выполнении циклов — до 23 операций, 8 64-разрядных вещественных операций. В микропроцессоре «Эльбрус-8С» уже можно запускать на исполнение до 25 операций и 12 64-разрядных вещественных операций.

Для снижения потерь от доступа за данными в память реализован аппаратно-программный механизм асинхронной предварительной подкачки данных в специальные буферные памяти. Специальные операции подготовки переходов обеспечивают возможность эффективно осуществлять переходы без использования предсказателя переходов. Аппаратура поддерживает средства (исполнение под управлением предикатов) программно-управляемого переупорядочивания операций и одновременного исполнения нескольких условных ветвей программы.

Наряду с параллелизмом на уровне операций в архитектуре «Эльбрус» реализован векторный параллелизм за счет операций над упакованными данными. Благодаря этому возможности выполнения 32-разрядных вещественных операций на одном ядре возрастают в 2 раза и позволяют исполнять: на «Эльбрус-2С+» и «Эльбрус-4С» — до 16, а на микропроцессоре «Эльбрус-8С» — до 24 упакованных операций (Флопс). Упакованные операции реализованы также для целочисленных операций. Они находят применение в таких областях, как обработка сигналов, обработка изображений, графика и др. Во вновь разрабатываемых процессорах линии «Эльбрус» возможности выполнения упакованных операций удваиваются.

Микропроцессоры с архитектурой «Эльбрус» поддерживают и расширяют при переходе к новым поколениям параллелизм потоков управления на базе многоядерности. Кроме этого поддерживается параллелизм многопроцессорности на общей памяти с когерентными многоуровневыми кэш-памятями на базе неодинакового времени обращения к общей памяти (NUMA).

Все описанные механизмы параллельного исполнения эффективно поддерживаны оптимизирующим компилятором [4], что позволяет автоматически получать коды, использующие мощное процессорное ядро и другие параллельные возможности архитектуры.

Технологии параллельного исполнения операций с использованием для этого оптимизирующего компилятора находят применение в развитии известных архитектур. Хотя в большинстве универсальных МП используется внеочередное аппаратное планирование потока операций, некоторые элементы планирования вычислений с помощью компилятора заложены в архитектуру Sparc64, начиная со Sparc64 VIIIfx — специального расширения архитектуры Sparc v9 для суперкомпьютеров. Как и в архитектуре «Эльбрус», в этой архитектуре используются большие регистровые файлы, а также возможность закодировать одновременную выборку сразу двух операций, с помощью которых оптимизирующему компилятору удастся гораздо лучше распараллеливать вычисления, особенно в циклах.

Динамическая компиляция и оптимизация

Динамическая компиляция и оптимизация программ играет все более важную роль в процессе повышения эффективности и надежности, а также при обеспечении эффективной совместимости с существующими аппаратными платформами. Она особенно важна для архитектур с явным параллельным исполнением операций.

В микропроцессорах с архитектурой «Эльбрус» технология динамической компиляции и оптимизации, прежде всего, используется **для обеспечения** полной **двоичной совместимости** с архитектурой Intel x86, x86-64 и двоичной совместимости на уровне приложений под управлением операционной системы «Эльбрус», базирующейся на OS Linux (Рис.1) [5]. Эта система включает в себя несколько уровней динамических компиляторов. Простейшие шаблонные компиляторы генерируют не очень оптимальный код, но зато работают очень быстро. А самые высокие уровни системы динамической двоичной оптимизации полностью используют все параллельные возможности целевой архитектуры «Эльбрус».

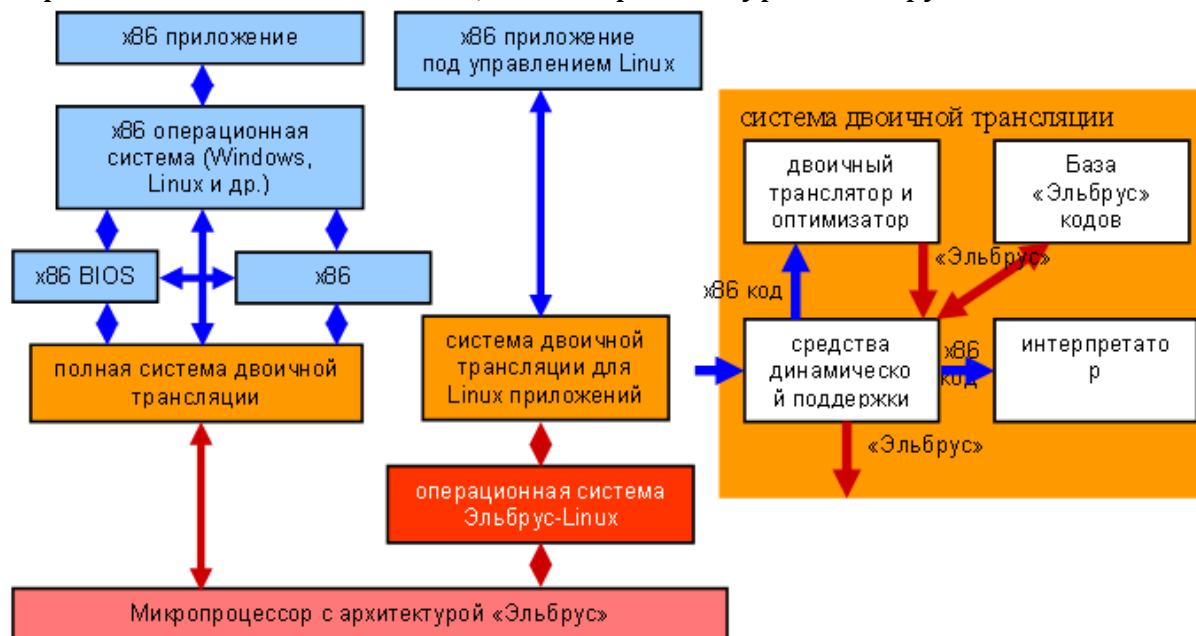


Рис. 1. Система двоичной совместимости в архитектуре «Эльбрус»

За счет специальной аппаратной поддержки в режиме совместимости эффективно исполняются многопоточные двоичные приложения с соблюдением моделей памяти исходной аппаратной платформы (порядок обращений в память), и обеспечивается реализация точных и асинхронных аппаратных прерываний. Для снижения потерь от динамической компиляции, она выполняется параллельно с исполнением на отдельных ядрах многоядерной и многопроцессорной архитектуры «Эльбрус». Хорошо оптимизированные коды «горячих» регионов сохраняются в специальной базе кодов, что ускоряет повторное исполнение программ.

Динамическая оптимизация обладает также хорошими адаптивными свойствами. Она позволяет перекомпилировать регионы, в которых

наблюдаются динамические события, негативно влияющие на производительность, и устранить причины возникновения таких событий. Это свойство динамической оптимизации используется в системе динамической компиляции для архитектуры «Эльбрус». Благодаря свойству адаптивности технология динамической компиляции использовалась компанией VMware на ранних этапах реализации систем виртуализации. Динамическая перекомпиляция привилегированного кода, который при исполнении в непривилегированном режиме вызывал много прерываний, позволяла существенно сократить их число и поднять эффективность системы виртуализации.

Примечательно использование системы динамической компиляции оптимизации в недавно объявленном микропроцессоре Denver, созданном в компании Nvidia. Этот микропроцессор реализует систему команд ARM v8, т.е. 64-разрядную архитектуру, которую предполагается использовать, в том числе, и в области энергоэффективных серверов и суперкомпьютеров. В самом начале исполнения программы исходный ARM код аппаратно преобразуется во внутренние команды. При этом выполняются не более двух операций за такт, но собирается информация о передачах управления в программе. В случае, когда исполнение какого-то участка кода достигает некоторого порогового значения, аппаратно вызывается динамический двоичный компилятор, который оптимизирует и сохраняет микрокод соответствующего региона, используя возможность запускать до семи внутренних операций за такт за счет явного управления параллелизмом в микрокоде. Приводятся данные, что на работу неоптимизированного кода и самой динамической компиляции затрачивается всего только 3% общего времени исполнения. А на вещественных приложениях микропроцессор Denver работает быстрее, чем предназначенный для работы в том же энергоэффективном сегменте микропроцессор последнего поколения Haswell от компании Intel. Технология, реализованная в микропроцессоре Denver, очень похожа на технологию, реализованную в микропроцессорах с архитектурой «Эльбрус». Отличие заключается в том, что в микропроцессорах линии «Эльбрус» используется более широкая команда, позволяющая исполнять за такт существенно больше операций.

Динамическая компиляция и оптимизация находят применение при реализации программ, требующих хорошей **адаптации к конкретным аппаратным особенностям и ресурсам**. В области суперкомпьютеров динамическая компиляция используется в технологии OpenCL, которая используется для оптимизации программ, как для графических, так и для универсальных процессоров. Для этого отдельные, наиболее вычислительно емкие ядра программ реализуются на языке OpenCL C, компилируются в *промежуточный язык*, например, LLVM, а при запуске программы на исполнение компилируются из промежуточного представления в код конкретной аппаратной платформы. Аналогичный подход применяется для оптимизации библиотеки OpenGL. Эта технология

позволяет максимально эффективно использовать все параллельные возможности целевой аппаратной платформы, включая средства векторизации и многопоточного исполнения.

В системе программирования архитектуры «Эльбрус» с самого начала ее разработки была заложена *возможность сохранения программы* не только в виде двоичного кода, но и *в виде промежуточного представления*, семантически близкого к языку C. Промежуточное представление программ для архитектуры «Эльбрус» EIR (Elbrus Intermediate Representation) было разработано до появления промежуточного представления LLVM, но они обладают значительным сходством. Это, в частности, позволило разработчикам компилятора для архитектуры «Эльбрус» оптимизировать шейдеры, реализованные в OpenGL с помощью библиотеки LLVMpipe и ускорить исполнение трехмерной графики в 3 раза.

Для повышения надежности программ часто используются безопасные языки, такие как Java и C#. Реализация этих языков осуществляется с помощью виртуальной машины, которая включает динамические средства контроля типов и целостности объектов при выполнении программы. Поскольку **виртуальные машины** не имеют непосредственной реализации на современных аппаратных платформах, программы на **Java и C#** исполняются с помощью интерпретаторов, а для повышения эффективности исполнения **используются динамические компиляторы и оптимизаторы**. На микропроцессорах с архитектурой «Эльбрус» реализована виртуальная машина языка Java OpenJDK, в которой работает динамический компилятор, оптимизируя Java bytecode в параллельные команды микропроцессора.

Технология защищенного исполнения программ

В архитектуре «Эльбрус» реализована не имеющая аналогов в мире технология защищенного исполнения программ, которая позволяет эффективно использовать языки программирования C и C++ и обеспечивают уровень надежности, не уступающий языкам Java и C#. Это достигается за счет теговой архитектуры, структурированной памяти на базе дескрипторов и контекстной защиты, обеспечивающей языковые принципы ограничения областей видимости данных (Рис.2).

С помощью *тегов задается информация о типах данных*, используемых программой. При этом аппаратно поддерживаются только несколько, наиболее важных с точки зрения надежности типов данных: неинициализированные данные, числовые данные и указатели на данные (дескрипторы, описывающие объекты, на которые смотрят указатели). Благодаря этому теги не занимают много места (2 бита на 32-разрядное слово в памяти) и хранятся в памяти в кодах коррекции (ECC). Контроль числовых типов данных возлагается на компиляторы.

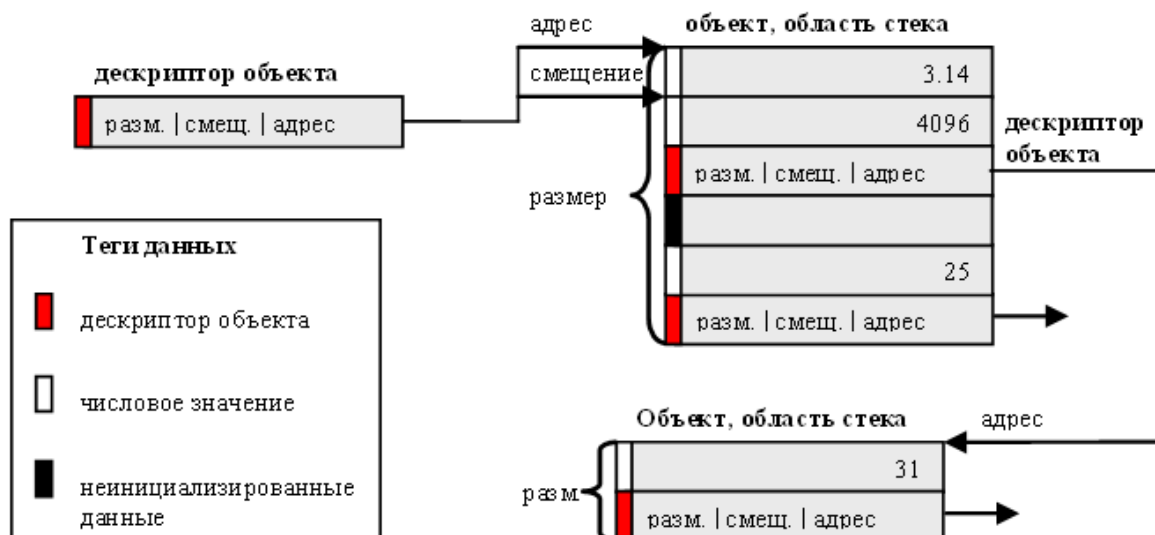


Рис. 2. Тегированная память в архитектуре «Эльбрус»

Благодаря наличию тегов и дескрипторов память исполняемой программы становится структурированной, т. е. наполненной содержательными объектами и данными, а не просто набором байтов, как во всех современных микропроцессорных архитектурах. Это существенно повышает семантический уровень архитектуры «Эльбрус».

Семантический уровень архитектуры «Эльбрус» дополнительно повышается в направлении языков программирования за счет средств контекстной защиты, реализованных на аппаратном уровне. Контекстная защита при исполнении любой функции (метода) обеспечивает доступ только к тем данным, которые прямо или косвенно доступны ей (ему) средствами языка. Обычно это данные, расположенные в области видимости функции (метода). Для функции языка С — это глобальные данные единицы компиляции (модуля), параметры и локальные данные самой функции. При этом глобальные данные модуля состоят из собственных данных модуля, доступных только его функциям, интерфейсных данных модуля, видимых из функций других модулей, и ссылок на интерфейсные данные других модулей. При вызове из функции одного модуля функции другого модуля аппаратно и атомарно происходит смена контекста, в результате чего вызванной функции становятся доступны ее глобальные данные, но глобальные данные вызывающей функции становятся не доступными. Контекстная защита для языка С++ работает аналогичным образом [6].

Эффективность реализации технологии защищенного исполнения программ обеспечивается на аппаратном уровне, т.к. контроль типов и проверки нарушения границ объектов, необходимые при обращениях в память через указатели, выполняются параллельно с выполнением соответствующих операций и не замедляют исполнение программы.

Технология защищенного исполнения программ поддерживается компонентами системы программирования (компиляторы и средства

сборки), а также *операционной системой*. Средствами операционной системы создаются объекты в памяти и на них формируются дескрипторы (аппаратура не позволяет сконструировать дескриптор из частей в программе пользователя), а кроме этого обеспечивается контроль обращений к уничтоженным объектам по зависшим указателям.

Технология защищенного исполнения позволяет создавать надежное, хорошо отлаженное программное обеспечение большими коллективами разработчиков. Кроме этого исполнение программ в этом режиме надежно защищает их от проникновения *компьютерных вирусов*. Чаще всего вирусы проникают, используя для этого ошибки в системном программном обеспечении, но, как правило, для передачи управления используется неконтролируемое на всех существующих аппаратных системах переполнение буфера. Благодаря наличию тегов, дескрипторов и контекстной защиты на архитектуре «Эльбрус» такой способ проникновения просто не возможен. Это позволяет безопасно включать в программы, работающие на платформе «Эльбрус», встроенные модули (plug-in), которые работают в виртуальной памяти приложения и на обычных аппаратных системах делают их уязвимыми.

Хотя в мире предпринималось много попыток создать более надежные аппаратные архитектуры, они не увенчались успехом, т.к. в самом начале для реализации принимались неверные решения, в дальнейшем мешали вопросы совместимости. Тем не менее, попытки создать надежную архитектуру продолжаются. В частности, абсолютно новым путем пытаются идти разработчики проекта CRUSH-SAFE , поддерживаемого агентством DARPA. Основной целью проекта является создание надежных вычислительных систем. Для этого предлагается аппаратная архитектура, в которой 64-разрядные данные защищаются 64-разрядными тегами, обращение к данным осуществляется через дескрипторы, выполняется динамический контроль типов и считается, что ради достижения высокой надежности можно пожертвовать производительностью и совместимостью. В отличие от технологий архитектуры «Эльбрус» предлагаемая система ориентируется на абсолютно новые языки программирования, для нее должна использоваться новая операционная система и специальная аппаратура. Этот проект находится в начальной стадии по сравнению с хорошо проработанной и требующей массового внедрения технологией защищенного исполнения программ в архитектуре «Эльбрус».

Современные микропроцессоры линии «Эльбрус»

Начиная с 2007 г. разработано 5 поколений микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус», причем 3 последних микропроцессора, «Эльбрус-2С+», «Эльбрус-4С» и «Эльбрус-8С», реализованы как многоядерные системы на кристалле (рис.3). Они используются для создания встраиваемых модулей, серверных модулей, серверов и автоматизированных рабочих мест.



2 ядра «Эльбрус»
4 DSP ядра Мультикор
 368 млн. транзисторов
 90 нм
 500 МГц
 28 (16+12) Гфлопс
 25 Вт
 2011 г. выпуска

4 ядра «Эльбрус»
 986 млн. транзисторов
 65 нм
 800-950 МГц
 50-60 Гфлопс
 45-55 Вт
 2013 г. выпуска

8 ядер «Эльбрус»
 2,7 млрд. транзисторов
 28 нм
 1300 МГц
 250 Гфлопс
 75-90 Вт
 2014 г. 1-я итерация
 2015 г. выпуск

Рис. 3. Многоядерные микропроцессоры линии Эльбрус

С 2011 г. выпускается 6-ядерный *гетерогенный* микропроцессор (СНК) «Эльбрус-2С+» (2 универсальных ядра «Эльбрус» и 4 ядра DSP с архитектурой Мультикор) производительностью 28 Гфлопс (16 Гфлопс — на универсальных ядрах и 12 Гфлопс — на ядрах DSP) [7]. Однопроцессорные модули на базе микропроцессора «Эльбрус-2С+» используются в стационарных и переносимых автоматизированных рабочих местах, двухпроцессорные — во встраиваемых системах, а четырехпроцессорные — для создания серверных модулей и серверов на их основе.

С конца 2013 г. выпускаются 4-ядерные микропроцессор «Эльбрус-4С» с тактовой частотой 0,8-1,0 ГГц, с производительностью 50-64 Гфлопс, изготавливаемые по технологическим нормам 65 нм. На базе этих микропроцессоров разработаны однопроцессорное автоматизированное рабочее место в стандартном форм-факторе персонального компьютера и 4-процессорные серверные модули, работающие на общей памяти. На базе этих модулей в 2015 г. изготавливается сервер (одна стойка 47U) с производительностью 13,8 Тфлопс (60 модулей 1U). Средства коммуникации позволят в дальнейшем использовать данный сервер как узел для создания суперкомпьютера с производительностью в сотни Тфлопс.

Для создания вычислительных систем на базе российских микропроцессоров в 2010 г. на технологии 130 нм был разработан контроллер периферийных интерфейсов (КПИ) [8], который подключается

к процессору через один или два дуплексных канала ввода-вывода с пропускной способностью 2+2 Гбайт/сек. КПИ поддерживает работу со следующими интерфейсами внешних устройств и шин: SATA, PCI, PCI Express x8, Ethernet 10/100/1000 Mbps, IDE, IEEE1284/RS-232/RS-485, USB 2.0, AC-97/GPIO, IOAPIC/PIIC/I2C/SPI/Timer. Для возможности работать с более современными интерфейсами в 2015 г. завершается разработка контроллер КПИ-2. Первая итерация этого контроллера, спроектированного на технологии 65 нм, изготовлена в октябре 2014 г. КПИ-2 будет взаимодействовать с процессорами через более мощные каналы PCI Express.

В октябре 2014 г. изготовлена 1-я итерация 8-ядерных микропроцессор «Эльбрус-8С» по технологическим нормам 28 нм (завершение разработки в 2015 г.). Эти микропроцессоры рассчитаны на частоту 1,3 ГГц и производительность 250 Гфлопс. Эти, в 4 раза более производительные микропроцессоры (по сравнению с «Эльбрус-4С») можно использовать для создания однопроцессорных рабочих мест, четырехпроцессорных серверных модулей, мощных серверов и супер-ЭВМ петафлопсного класса.

В ноябре 2014 г. завершаются государственные испытания полностью российского микропроцессора «Эльбрус-1С». Он изготовлен на российской фабрике (завод «Микрон») по технологическим нормам 90 нм. В 2015г. завершается разработка гетерогенного микропроцессора (СнК) «Эльбрус-1С+», в котором кроме универсального ядра «Эльбрус» будет реализовано графическое ядро, поддерживающее 2D и 3D графику. Этот маломощный процессор (7 Вт), работающий на частоте 1 ГГц, предполагается использовать для создания мобильных устройств.

С 2014 г. ведется разработка 8-16-ядерного микропроцессора «Эльбрус-16С» (первая итерация в 2017 г., завершение разработки в 2018 г.) на технологии 28 нм производительностью свыше 512 Гфлопс. На базе этого МП можно изготавливать супер-ЭВМ производительностью до 10 петафлопс.

До 2020 г. запланирована разработка 32-ядерного МП с тактовой частотой до 2 ГГц с производительностью 2-4 Тфлопс на технологии 14 нм. На базе этого МП можно создать супер-ЭВМ с производительностью свыше 100 Pфlops.

Программное обеспечение для архитектуры «Эльбрус»

Вычислительные комплексы на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус» оснащаются *сертифицированным* общим программным обеспечением (ОПО) «Эльбрус», включающим операционную систему (ОС) «Эльбрус», совместимую с ОС Linux, со средствами поддержки систем реального времени и средствами защиты от несанкционированного доступа. Средства разработки программ, написанных на языках высокого уровня Си, Си++, Фортран, Джава и др., обеспечивают эффективное распараллеливание на всех уровнях: параллелизм на уровне операций,

векторный параллелизм, параллелизм потоков управления, параллелизм систем с распределенной памятью. Разработчикам программ предоставляются средства анализа производительности и распараллеливания программ (OpenMP, MPI). Данные производительности реальных задач, полученные на 16-ядерных модулях с МП «Эльбрус-4С», подтверждают эффективность МП с архитектурой «Эльбрус».

ОПО «Эльбрус» включает средства поддержки пользовательского интерфейса, комплекс сервисных и пользовательских программ (СУБД, средства работы с гипертекстом, офисные пакеты, электронную почту и проч.), графические библиотеки и пакеты, высокопроизводительные математические и мультимедийные библиотеки. Эти средства поддерживают все возможности архитектуры «Эльбрус» и отвечают современным требованиям, которые предъявляются к программным системам индивидуального и коллективного пользования. Нужно также отметить, что созданное ОПО «Эльбрус» работает не только на платформе «Эльбрус», но и на платформе Sparc (ЗАО «МЦСТ» выпускает процессоры с этой архитектурой), а также на платформе Intel x86, x86-64.

ОПО «Эльбрус» постоянно развивается. Ведется работа по обновлению дистрибутива операционной системы, который реализуется на базе Debian. Обновляется ядро операционной системы (ближайшая версия будет совместима с Linux 3.10), ведется реализация системы виртуализации (паравиртуализация на базе ядра ОС «Эльбрус»). Постоянно расширяется набор прикладных программ и пакетов, включаемых в дистрибутив. Оптимизирующие компиляторы развиваются в направлении динамической оптимизации и адаптации программ к аппаратным ресурсам. Система динамической двоичной компиляции развивается в направлении поддержки интерфейсов современных операционных систем с современным аппаратным окружением. Предполагается более активное внедрение системы защищенного исполнения программ.

Литература

1. Postiff M.A., Greene D.A., Tyson G.S., Mudge T.N. The Limits of Instruction Level Parallelism in SPEC95 Application // INTERACT-3 at ASPLOS-VIII, 1998.
2. Ким А.К. Российские универсальные микропроцессоры и вычислительные комплексы высокой производительности: результаты и взгляд в будущее. // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, выпуск 3, 2012. С. 5-13.
3. Ким А.К., Волконский В.Ю., Груздов Ф.А., Михайлов М.С., Парахин Ю.Н., Сахин Ю.Х., Семенихин С.В., Слесарев М.В., Фельдман В.М. Архитектурная линия «Эльбрус» сегодня: микропроцессоры, вычислительные комплексы, программное обеспечение, // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник докладов 7-й международной научно-практической конференции, Москва, 6-9 декабря 2012. С.21-29.
4. Волконский В.Ю., Брегер А.В., Бучнев А.Ю., Грабежной А.В., Ермолицкий А.В., Муханов Л.Е., Нейман-заде М.И., Степанов П.А., Четверина О.А. Методы распараллеливания программ в оптимизирующем компиляторе. // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, выпуск 3, 2012. С. 63-88.
5. Воронов Н.В., Гимпельсон В.Д., Маслов М.В., Рыбаков А.А., Сюсюкалов Н.С. Система динамической двоичной трансляции x86->«Эльбрус». // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, выпуск 3, 2012. С.89-107.

6. Ким А.К., Волконский В.Ю., Груздов Ф.А., Сахин Ю.Х., Семенихин С.В. Защищенное исполнение программ на базе аппаратной и системной поддержки архитектуры «Эльбрус». // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник докладов 5-й международной научно-практической конференции, Москва, 8-10 ноября 2010. С.22-39.
7. Исаев М.В., Кожин А.С., Костенко В.О., Поляков Н.Ю., Сахин Ю.Х. Двухядерная гетерогенная система на кристалле «Эльбрус-2С+». // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 2012, вып. 3. С.42-52.
8. Ким А.К., Михайлов М.С., Фельдман В.М. Подсистема ввода-вывода для систем на кристалле «МЦСТ-4R» и «Эльбрус-S» на основе микросхемы контроллера периферийных интерфейсов. // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 2012, вып. 3. С.52-62.

Сухомлин В.А.¹, Храпов Н.П.²

¹ Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова, профессор, sukhomlin@mail.ru

² Институт Проблем Передачи Информации РАН, инженер, nkhrapov@gmail.com

Применение облачных технологий для обучения грид-системам из персональных компьютеров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Облачные технологии, грид-системы, программирование, распределенные вычисления, обучение, персональные компьютеры.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с интеграцией систем добровольных вычислений и облачных технологий. Исследуется актуальность данной интеграции в контексте образования и повышения эффективности использования ресурсов. Проводится сравнительный анализ различных подходов к данной интеграции.

Также в статье приводится описание прототипа интегрированной инфраструктуры и описание различных методов решения технических проблем.

Технологии облачных вычислений в настоящее время приобретают все большую популярность. Внедрение данных технологий в различных областях позволяет автоматизировать процесс развития информационной инфраструктуры и повысить эффективность использования трудовых и вычислительных ресурсов.

В тоже время для решения глобальных вычислительных задач все чаще привлекаются ресурсы добровольных вычислений. Основная идея добровольных вычислений состоит в том, что владелец персонального компьютера предоставляет свою машину в свободное от работы время для решения научных задач. Обмен данными для вычислений осуществляется автоматически посредством сети Интернет. Современные системы организации добровольных вычислений позволяют использовать ресурсы персонального компьютера для научных вычислений таким образом, чтобы это не препятствовало использованию машины по прямому назначению в качестве домашнего или офисного компьютера. Основная сфера применения добровольных вычислений — это научные проекты, требующие вычислительный ресурс и имеющие практическую пользу для человечества.

Добровольные вычисления обладают наилучшим соотношением цена/мощность вычислительного ресурса, что делает данную технологию

привлекательной для проведения научных расчётов. Технологии добровольных вычислений (далее грид-систем из персональных компьютеров — ГСПК) позволяют создавать масштабные вычислительные инфраструктуры. В частности, наиболее популярный в настоящее время в мире проект добровольных вычислений SETI@HOME насчитывает более 2 млн. компьютеров добровольных участников. Наиболее известные российские проекты добровольных вычислений: SAT@HOME[1], GERASIMA@HOME[2], OPTIMA@HOME[3].

Растущая популярность добровольных вычислений делает актуальным вопрос о подготовке специалистов в данной области. Данная подготовка предполагает проведение практических занятий. Проведение практических занятий в свою очередь требует создания учебной инфраструктуры. Внедрение технологий облачных вычислений для организации учебных полигонов позволяет автоматизировать процесс создания, развертывания и настройки макетов учебных серверов. Принципы обучения грид-системам из персональных компьютеров изложены в [4], общие идеи применения облачных технологий в образовании — в [5].

Еще одним важным преимуществом интеграции облачных технологий и ГСПК является возможность существенно повысить эффективность использования имеющихся вычислительных ресурсов в качестве серверных платформ и вычислительных узлов.

Темой данной работы является исследование методов интеграции облачных технологий и грид-систем из персональных компьютеров и преимуществ, которые данная интеграция дает в сфере образования и повышения эффективности использования ресурсов. В процессе работы был проведён сравнительный анализ технологий облачных вычислений и ГСПК на предмет реализуемости их взаимной интеграции. После проведения сравнительного анализа был разработан прототип гибридной инфраструктуры.

Технологии облачных вычислений позволяют использовать ресурсы удаленной вычислительной машины в виде сервисов. По типу используемых ресурсов технологии облачных вычислений подразделяются на три основных группы:

Software As A Service (SaaS) — технология облачных вычислений, позволяющая использовать программное обеспечение, установленное на удаленном сервере. Наиболее известные примеры SaaS — это браузерные текстовые и графические редакторы, а также сервисы, позволяющие автоматизировать процесс создания типовых сайтов (например, интернет-магазинов). Интеграция ГСПК и SaaS предполагает создание системы, позволяющей по запросу клиента запускать типовой проект добровольных вычислений на основании некоторого шаблона. Технология SaaS предполагает, что несколько клиентов способны использовать одинаковый экземпляр программного обеспечения, установленный на одной

физической или виртуальной машине. Сильной стороной данного подхода является сокрытие от клиента (т.е. администратора проекта добровольных вычислений) инфраструктурных особенностей ГСПК, т.е. предоставление ему экземпляра проекта добровольных вычислений «под ключ». Отсюда же следует, что применение данной технологии для создания именно учебных инфраструктур является неактуальным, так как скрывает от студента те инфраструктурные особенности, работе с которыми он должен обучаться. Также к недостатку данного подхода можно отнести отсутствие гибкости настройки проекта и слабая изоляция пользовательского пространства для нескольких проектов.

Platform As A Service (PaaS) — технология облачных вычислений, позволяющая использовать удаленную виртуальную машину как некоторый сервис. Основное отличие PaaS от SaaS состоит в том, что в PaaS пользователь получает в свое распоряжение платформу (в большинстве случаев, виртуальную машину с установленной на ней операционной системой и набором базового ПО) для запуска в рамках данной платформы своего прикладного ПО. Наиболее известными примерами данной технологии являются сервисы Amazon, Google App Engine и Microsoft Azure, предоставляющие пользователю серверную платформу для загрузки своего программного кода. Также к PaaS можно отнести сервисы, предоставляющие услугу Remote Desktop. Дистрибутив наиболее популярной в настоящее время ГСПК BOINC по умолчанию включает в себя возможность функционирования нескольких проектов на одной машине с одинаковым IP-адресом, но различными URL. Относительно SaaS данный подход предполагает для нескольких клиентов функционирование одинакового инфраструктурного ПО ГСПК, но различного управляющего программного обеспечения.

Infrastructure As A Service (IaaS) — технология облачных вычислений, позволяющая на базе одной физической вычислительной инфраструктуры создавать и запускать другие вычислительные инфраструктуры. Многие современные реализации SaaS и PaaS являются надстройками над технологией IaaS. Интеграция IaaS и ГСПК предоставляет пользователю наибольшую гибкость в настройке собственного проекта добровольных вычислений, а также предоставляет ему возможность использовать для данной цели несколько вычислительных машин. К слабым сторонам данного подхода можно отнести необходимость для клиента-администратора проекта уметь работать с инфраструктурными особенностями ГСПК.

В качестве создания прототипа инфраструктуры был выбран способ интеграции IaaS и ГСПК по следующим причинам:

- максимальная гибкость в настройке ПО;

- данный подход является наиболее актуальным при создании именно учебных инфраструктур, так как способен предоставить студенту полный монопольный доступ к изучаемым компонентам;
- доступ ко всем системным компонентам открывает широкие возможности для настройки и повышения эффективности использования ресурсов;
- данный подход является универсальным, и методы, отработанные при создании прототипа гибридной системы могут быть использованы для интеграции других систем распределённых вычислений с облачной инфраструктурой.

Наиболее распространенными на данное время системами IaaS являются:

- eucalyptus;
- openStack;
- openNebula;
- Xen Cloud Platform.

Все перечисленные системы имеют примерно одинаковую базовую функциональность. После проведения сравнительного анализа была выбрана система ХСР, так как данная платформа оказалась наиболее отказоустойчивой, завоевала самое широкое распространение, сопровождается обширной и полной документацией, к тому же является бесплатной. При выборе реализации ГСПК для создания прототипа гибридной инфраструктуры предпочтение было отдано технологии VOINC, благодаря ее функциональной полноте, универсальности, широкому распространению, отработанной технологии подготовки специалистов по работе с VOINC.

Методы и подходы, используемые при интеграции ГСПК и облачных технологий имеют универсальный характер и могут быть использованы для создания тренинговых инфраструктур для обучения системам распределенных вычислений другого типа.

Методы управления облачной инфраструктурой Xen Cloud Platform

Разработчиками облачного ПО Xen Cloud Platform предусмотрено три основных метода управления облачной инфраструктурой, при этом данные подходы возможно использовать совместно:

- **XEN API** является наиболее низкоуровневым средством управления инфраструктурой ХСР. Представляет из себя библиотеку функций, вызываемых из управляющей программы, выполняющей различные административные действия как на локальной, так и на удаленных машинах;
- **XE Command Line Interface (CLI)** — написанная на XEN API утилита командной строки, позволяющая выполнять административные действия как на своей, так и на удаленной машине, также имеющая вер-

сию для ОС Windows. Утилита XE предоставляет примерно такие же возможности, как и XEN API. Но если XEN API удобнее использовать при разработке собственного управляющего инфраструктурой программного обеспечения, то утилита XE весьма удобна при разработке работающих на машинах облака управляющих скриптов;

- **XEN Center** является наиболее высокоуровневым средством управления облачной инфраструктурой. Представляет собой графическую программу, функционирующую под управлением ОС Windows. Использование XEN Center является наиболее простым в использовании и наименее функциональным способом управления инфраструктурой. Данный способ предполагает запуск виртуальных машин пользователем непосредственно через GUI и исключает автоматизацию управления и запуска виртуальных машин. Программа XenCenter способна функционировать только в среде Microsoft Windows, для осуществления управления посредством Unix-подобной среды имеется open source-аналог с названием XenManager.

Использование облачной инфраструктуры предполагает как автоматизированное управление, реализованное на стороне инфраструктуры, так и прямое управление администратором облачной инфраструктуры со своего персонального компьютера. При создании прототипа для автоматизированного управления на стороне облачной инфраструктуры использовался XE CLI. Для прямого управления и отображения состояния — XEN Center.

Настройка виртуальных сетевых интерфейсов

Использование технологии IaaS предполагает создание новых виртуальных машин на основе некоторого, заранее подготовленного шаблона. Допустим, необходимо создать 30 VMINC-серверов. Для этого создается новая серверная виртуальная машина, на которую устанавливается необходимый набор системного программного обеспечения. Далее из данной виртуальной машины создается шаблон, затем на основе шаблона происходит клонирование нужного числа виртуальных машин. При данном подходе возникает проблема предоставления статических адресов клонированным виртуальным машинам. Существует несколько подходов к решению данной проблемы:

- использование предустановленного в шаблоне Xen-агента, который способен взаимодействовать с инфраструктурой: сделать необходимые локальные настройки или передать в управляющий центр полученные посредством dhcp настройки. Используемый Xen-агент взаимодействует с компонентами инфраструктуры посредством технологии Xen-API;
- настройка определенным образом dhcp-сервера для выдачи нужного IP-адреса на основе MAC-адреса. При создании виртуальной машины указывается необходимый MAC-адрес для дальнейшего

предоставления требуемого IP-адреса. Свободный IP-адрес определяется управляющим центром посредством выполнения «пинга». Внутри шаблона виртуальной машины используется инфраструктурно независимый агент, который выполняет все необходимые настройки ПО на основе полученного DHCP IP-адреса.

Для реализации прототипа интегральной инфраструктуры был выбран второй способ как не использующий инфраструктурно-зависимых компонентов внутри виртуальной ОС и по этой причине более универсальный.

При создании учебной инфраструктуры в качестве шаблона использовался чистый образ, содержащий операционную систему Linux Debian 6.0 (серверное программное обеспечение VOINC изначально спроектировано для работы под управлением данной операционной системы). Для операционной системы Debian настройки DHCP расположены в файле /etc/dhcp/dhclient.conf. В данном файле запрашиваемые сетевые параметры приведены после ключевого слова request. После получения сетевых параметров по DHCP автоматически запускается скрипт /etc/dhcp/dhclient-exit-hooks.d/hostname, который производит настройку полученного по DHCP доменного имени:

```
#!/bin/bash
if [ "$interface" != "eth0" ]
then
return
fi
echo $new_host_name > /etc/hostname
hostname $new_host_name
echo "Hostname changed : $new_host_name"
```

Реализация инфраструктурных элементов

Для автоматизации управления создаваемой учебной инфраструктуры был разработан набор управляющих скриптов. Данные скрипты предназначены для запуска на одной из машин облачного кластера.

Основной скрипт, производящий сканирование состояния инфраструктуры и осуществляющий запуск виртуальных машин приведен в листинге 1.

```
#!/bin/bash
network='188.93.105'
first_ip='140'
last_ip='170'
echo "First IP: $network.$first_ip"
echo "Last IP : $network.$last_ip"
echo $#
null=0
count=1
if [ "$#" -gt "$null" ]
```

```

then
if [ "$1" -gt "$count" ]
then
count=$1
fi
fi
echo count=$count
i=0
while [ "$count" -gt "$i" ]
do
let "i=i + 1"
echo $i;
done
i=0
for current_ip in `seq $first_ip $last_ip`
do
if ping -c 1 -s 1 -W 1 "$network.$current_ip" > buf
then
echo "$network.$current_ip is used"
else
if [ "$i" -lt "$count" ]
then
mac=`./boinc_ip_to_mac $current_ip`
dn=`./boinc_ip_to_dn $current_ip`
dn=_$dn
./make-boinc-machine $mac _$network.$current_ip$dn
let "i = i + 1"
echo "new VM debian 6.0 ip: $network.$current_ip"
else
echo "$network.$current_ip is free"
fi
fi
done
rm buf

```

Листинг 1. Базовый скрипт, осуществляющий запуск необходимого количества виртуальных машин

Для создания непосредственно виртуальной машины применяется скрипт `make-boinc-machine`, который в качестве аргументов использует MAC и IP-адреса создаваемой машины:

```

#!/bin/bash
vm_uuid_buf=`xe vm-install template=debian_6.0_clean new-name-
label=BOINC_$2`
echo $vm_uuid_buf
xe vif-create device=0 network-uuid=afba88f3-9ee4-2172-715a-7756434ae4ab
vm-uuid=$vm_uuid_buf mac=$1 device=0
xe vm-start vm=BOINC_$2

```

Листинг 2. Скрипт, осуществляющий запуск отдельной виртуальной машины

Здесь используются три основных команды утилиты хе:

- Vm- install — команда, создающая виртуальную машину на основе имеющегося шаблона;
- Vif-create — команда, создающая виртуальный сетевой интерфейс для указанной виртуальной машины;
- Vm-start — команда, осуществляющая запуск виртуальной машины.

Заключение

Дальнейшее развитие созданной гибридной облачной инфраструктуры предполагает ее использование в качестве эталонного решения при исследовании гибридных распределенных вычислительных инфраструктур различных типов, в частности, построенных на основе различных реализаций грид-систем и типов облачных сервисов. Также построенную гибридную инфраструктуру планируется использовать в учебном процессе магистерского обучения на факультете вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М.В.Ломоносова для обучения современным распределенным вычислительным технологиям.

Литература

1. О.С. Заикин, М.А. Посыпкин, А.А. Семёнов, Н.П. Храпов. Опыт организации добровольных вычислений на примере проектов OPTIMA@HOME и SAT@HOME. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2012, No5(2), с.340-347.
2. О.С. Заикин, М.А. Посыпкин, А.А. Семёнов, Н.П. Храпов. Организация добровольных вычислений на платформе BOINC на примере проектов OPTIMA@home и SAT@home // CAD/CAM/CAE Observer # 3 (71) / 2012. С. 87-92.
3. Vatutin E.I., Titov V.S. Voluntary distributed computing for solving discrete combinatorial optimization problems using Gerasim@home project // Distributed computing and grid-technologies in science and education: book of abstracts of the 6th international conference. Dubna: JINR, 2014. PP. 60–61. ISBN 978-5-9530-0387-2.
4. Храпов Н.П. Рабочий инструментарий и методы обучения для грид-систем из персональных компьютеров. // Сборник избранных трудов VI Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование" 2011г. С 966 — 972.
5. Афзалова А.Н., Голицина И.Н. Использование облачных технологий в образовательном процессе. Образовательные технологии и общество. Выпуск № 2 / том 17 / 2014г. С 450-460.

Паринов О.О.

Mail.Ru Group, г. Москва, руководитель проектов, o.parinov@corp.mail.ru

Роль сервиса «Mail.Ru для образования» в информатизации и автоматизации современного высшего учебного заведения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Интернет-технологии, облачные решения для образования, информатизация образования, Mail.Ru для образования, дистанционное обучение, автоматизация учебного процесса.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается роль интернет-технологий в современном образовательном процессе. Дается подробное описание решения, разработанного специально с учетом потребностей российских учебных заведений, — «Mail.Ru для образования».

Введение: роль и место интернет-технологий в современной жизни

За последнее десятилетие интернет-технологии так прочно вошли в нашу жизнь, что представить ее без интернета уже просто невозможно. Он проник практически во все сферы жизни. Онлайн сегодня можно совершать покупки, оплачивать коммунальные услуги и мобильную связь, смотреть фильмы и программы, работать, учиться и общаться.

В настоящее время Россия занимает первое место в Европе и шестое место в мире по количеству ежемесячных интернет-пользователей¹. И их число постоянно увеличивается. Так, по данным исследования Фонда Общественное мнение (ФОМ), в России интернетом пользуется более половины (62%) взрослого населения (в возрасте 18 лет и старше) страны. В количественном выражении это составляет 71,7 млн человек. 50,1% (58,4 млн) взрослых россиян выходят в Сеть хотя бы один раз в день. Годовой прирост интернет-пользователей, выходящих в сеть хотя бы раз за месяц, составил 9%, а для суточной аудитории данный показатель равен 12%.². Сфера образования не может оставаться в стороне от новых технологий, которые способны с одной стороны, повысить эффективность учебного процесса, а с другой — заметно упростить жизнь как преподавателям, так и учащимся (школьникам, студентам). В России сегодня активно проводится

1 comScore Media Metrix, сентябрь 2014, весь мир.

2 Еженедельный опрос «ФОМнибус», июнь — август 2014г. Вся Россия, 18 лет и старше. 29 000 респондентов.

информатизация образования, и внедрение в образовательный процесс современных информационных решений с целью его оптимизации — одно из приоритетных направлений государственной политики в области образования. Все больше учебных заведений внедряют почтовые сервисы, но далеко не всегда они работают эффективно.

Требования к информационному решению для учебных заведений

В силу специфики сферы образования информационное решение для учебных заведений должно удовлетворять ряду требований:

- удобство и простота использования (пользователями будут как молодые люди — опытные интернет-пользователи, так и старшее поколение — преподаватели, многие из которых далеки от новых технологий);
- легкость администрирования (чтобы учебному заведению в условиях ограниченного бюджета не требовалось нанимать для этих целей целый отдел IT-специалистов);
- отсутствие платы за использование;
- отсутствие рекламы и прочих отвлекающих факторов в интерфейсе;
- качественная защита от спама и вредоносного программного обеспечения (вирусов).

Все эти критерии были учтены разработчиками сервиса «Mail.Ru для образования», запущенного в июле 2014 года.

Решение «Mail.Ru для образования»: общие сведения

Поддержка российского образования — одна из приоритетных задач, стоящих перед Mail.Ru Group. Компания реализует ряд совместных образовательных проектов с российскими вузами, направленных на подготовку IT-специалистов (их отличительная особенность в том, что предпочтение в образовательном процессе отдается практическим навыкам). Кроме того, Mail.Ru Group является организатором ежегодных IT-чемпионатов, благодаря которым талантливые молодые люди могут заявить о себе российскому и международному IT-сообществу, получить ценные призы и предложение о прохождении стажировки в компании.

Именно для поддержки российских учебных заведений был разработан сервис «Mail.Ru для образования». Функционал, который включает в себя это решение, позволяет выстроить эффективные и удобные онлайн-коммуникации между преподавателями и учащимися.

Сервис позволяет любому учебному заведению развернуть на базе Mail.Ru бесплатную почту на своем домене (например, @vash-vuz.ru) и завести адреса всем студентам и сотрудникам. В отличие от обычной Почты Mail.Ru, в интерфейсе Почты, которую мы предлагаем образовательным учреждениям, полностью отсутствует реклама и пользователям доступны только полезные для работы и учебы инструменты — облако, календарь и мессенджер для быстрого обмена сообщениями. Это сделано, чтобы не

отвлекать внимание учеников ни на что постороннее.

Функционал сервиса «Mail.Ru для образования»

Флагманским продуктом «Mail.Ru для образования» является *почта*. После подключения к сервису домена образовательного учреждения преподаватели и учащиеся получают в свое распоряжение почтовые ящики вида `i.petrov@vash-vuz.ru`. Размер почтового ящика не ограничен. С Почтой можно работать как через привычный многим веб-интерфейс Mail.Ru, так и через сторонние клиенты типа Outlook. Кроме того, есть удобные мобильные приложения для всех популярных платформ, а это значит, что доступ к почте можно получить из любого места, где есть доступ в интернет. В приложениях есть возможность настройки push-уведомлений о новых письмах, что заметно снижает риск пропустить важную информацию.

Для оптимизации процесса коммуникации и упрощения работы с почтой разработчики предусмотрели возможность создания групповых адресов: отправленные на них письма будут доставлены всем участникам группы. Эта функция будет полезна, например, в том случае, если преподавателю необходимо отправить учебный материал только группе студентов, участвующих в конференции.

С помощью *Календаря* можно создавать расписания лекций, семинаров и других событий и приглашать на них как отдельных пользователей, так и группы. Этот сервис имеет функцию уведомлений — каждый, кому отправлено приглашение на то или иное мероприятия, несколько раз получит напоминание об этом.

Интегрированное в сервис «Mail.Ru для образования» *Облако* предоставляет каждому пользователю 100 ГБ пространства для хранения документов любых форматов и работы с ними. Благодаря возможности настройки массового доступа преподаватель может разместить в Облаке Mail.Ru, например, учебное пособие и предоставить доступ к нему всем студентам.

Мессенджер Агент дает возможность студентам и преподавателям обмениваться сообщениями в режиме реального времени, что заметно упрощает процесс взаимодействия и позволяет экономить время. Он встроен в интерфейс почты и всегда находится у пользователя под рукой. Список контактов в нем формируется автоматически — то есть нет необходимости добавлять каждого пользователя вручную.

Подключение информационного решения «Mail.Ru для образования»

Одним из преимуществ сервиса «Mail.Ru для образования» является простота подключения. Необходимо только подключить почтовое решение к домену школы или вуза на сайте `edu.mail.ru`. Эта процедура занимает всего несколько минут и не требует никаких специальных знаний. На сайте «Mail.Ru для образования» размещена пошаговая онлайн-форма, позволяющая подключить домен учебного заведения к сервису.

Для тех случаев, когда вуз переходит на почтовое решение «Mail.Ru для образования» с другого сервиса, предусмотрена процедура миграции, с помощью которой можно перенести все существующие ящики и весь архив переписки на новую платформу. Для запуска процесса миграции также не требуется никаких специальных знаний — это можно сделать на сайте «Mail.Ru для образования», руководствуясь подробной инструкцией. Если электронных адресов, которые необходимо сохранить, слишком много, вбивать каждый адрес вручную не придется — можно загрузить единый CSV-файл со всеми адресами, и они автоматически добавятся в новую почтовую базу.

Важно, что миграция происходит без остановки в работе почтового сервиса. Это значит, что пользователи не столкнутся с перебоями в его работе.

Мнения

Сервис «Mail.Ru для образования» одобрен Минкомсвязи и Департаментом информационных технологий Москвы. Представители Минкомсвязи отмечают, что применение современных информационных технологий в образовательном процессе является перспективным направлением развития системы образования. С помощью различных приложений и сервисов образовательный процесс можно сделать более интерактивным и интересным, а значит, более эффективным. Кроме того, информационные технологии открывают широкие возможности дистанционного обучения.

Первым российским вузом, перешедшим на сервис «Mail.Ru для образования», стал Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина. Начальник управления по информатизации этого учебного заведения Юрий Клочко рассказывает о процессе перехода:

«Почтовая служба РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина функционирует с 1998 года. Конечно, за 15 лет мы неоднократно меняли программные решения и технические средства, каждый раз осуществляя переход на более современные. Однако с ростом потребностей пользователей (большого преподавательского состава и студентов вуза) мы снова и снова сталкивались с разного рода сложностями, главными из которых были сложность администрирования почтовых решений, сложность борьбы со спамом и вирусами, неудобный интерфейс, отсутствие необходимых инструментов для общения (одна почта не покрывала эту потребность: пользователи хотели иметь и электронный органайзер для планирования дел, и мессенджер для оперативного обмена информацией, и облачное хранилище данных для хранения и обмена учебными материалами). Кроме того, поддержка качественной работы программно-технических средств требовала все больше затрат на фоне острой необходимости сокращения операционных расходов вуза.

Так, в феврале 2014 года мы стали смотреть в сторону облачных решений. Мы сравнивали их по следующим критериям:

- стоимость (рассматривались только бесплатные сервисы);
- допустимый размер почтовых ящиков;
- эффективность борьбы со спамом и вирусами;
- простота использования; удобство интерфейса;
- количество и качество дополнительных инструментов;
- уровень безопасности данных пользователей.

На первом этапе мы отобрали три сервиса. И на следующем этапе оценивали их процедуру миграции (нам было очень важно сохранить существующие почтовые ящики и архив переписки и сделать это без остановки работы сервиса).

Удовлетворить все наши требования смог только сервис «Mail.Ru для образования» — и мы остановили свой выбор именно на нем.

Процедура миграции вопреки нашим опасениям прошла очень мягко, а более половины пользователей смогли самостоятельно настроить свои электронные ящики».

Заключение: роль интернет-технологий в образовании

Процесс обучения сегодня немыслим без интернета. С развитием технологий появился новый формат обучения: дистанционный. Он позволяет получить качественное высшее образование людям, проживающим в отдаленных населенных пунктах и не имеющих возможности или средств приехать на обучение в крупные города, в которых сосредоточены высшие учебные заведения. Кроме того, дистанционное обучение — это шанс на получение образования и достойное будущее для людей с ограниченными возможностями.

Благодаря интернету школьники и студенты также получили доступ к огромному количеству необходимой для учебы информации. Благодаря электронным библиотекам значительно сократилось время на поиск нужной информации.

Наконец, современные технологии выводят на качественно новый уровень общение между преподавателями и учащимися. Информационные решения для образовательных учреждений дают возможность решать многие вопросы онлайн. Россия сегодня идет по пути информатизации образования. Но в рейтинге доступности интернета в школах мира, опубликованном Всемирным экономическим форумом, наша страна находится лишь 54 месте из 158. Разработчики IT-решений для образовательных учреждений в силах изменить эту ситуацию, и компания Mail.Ru Group последовательно проводит работу в этом направлении.

Литература

1. «Пользователи интернета в России». URL: http://www.bizhit.ru/index/users_count/0-151.
2. «Мониторинг количества пользователей интернета в России». URL: http://www.bizhit.ru/index/monitoring_kolichestva_polzovatelej/0-463.
3. «Роль Интернета в образовании». URL: <http://www.mnl.su/sekretiyi-uspeha/item/50-rol-interneta-v-obrazovanii.html>.
4. Global Information Technology Report 2014. URL: <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2014/>.

Ромасевич П.В.¹, Ромашкина Е.А.², Смирнова Е.В.³, Шибанов В.А.⁴

¹ D-Link, Волгоград, к.т.н., региональный менеджер, promasevich@dlink.ru

² D-Link, Москва, консультант по обучающим проектам, eromashkina@dlink.ru

³ D-Link, Москва, к.т.н., менеджер по обучающим проектам, esmirnova@dlink.ru

⁴ D-Link, Рязань, к.т.н., консультант по обучающим проектам, yshibanov@dlink.ru

Формирование благоприятной информационно-образовательной среды для подготовки квалифицированных специалистов по сетевым технологиям от компании D-Link

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Программа обучения, авторизованный учебный центр, академический партнер, дистанционное обучение, сетевая лаборатория, оригинальные учебные материалы, УМО, видеолекции, онлайн-презентации, сертификат.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена различным направлениям сотрудничества компании D-Link с высшими учебными заведениями: разработке оригинальных учебных материалов, организации дистанционного обучения и внедрению его в учебный процесс, авторизованных учебных центров и лабораторий для поддержки практических занятий, курсов дистанционного обучения и исследовательской деятельности. Также уделено внимание руководству курсовыми и дипломными работами, организации производственной практики, участию в научно-практической конференции и Международной олимпиады для студентов в области информационных технологий ИТ-Планета.

Стремительное развитие технологий в области телекоммуникаций и последующее усложнение устройств, используемых для построения мультисервисных вычислительных сетей, требует подготовки квалифицированных специалистов, способных поддерживать, обслуживать и развивать их.

Понимая это, компания D-Link [1] разработала и развивает собственную программу обучения, направленную, в том числе, и на сотрудничество с учебными заведениями высшего и среднего образования с целью формирования в них благоприятной информационно-образовательной среды для подготовки квалифицированных специалистов.

Компания D-Link является ведущим мировым производителем сетевого оборудования, предлагающим широкий набор решений для

создания локальных сетей Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet, построения беспроводных сетей и организации широкополосного доступа, передачи изображений и голоса по IP (VoIP).

В 2012 году компания открыла в Российской Федерации собственное производство, сертифицированное в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001:2008).

Сотрудничество с учебными заведениями в рамках программы обучения D-Link может развиваться в нескольких направлениях. Учебное заведение может:

- открыть авторизованный учебный центр D-Link и обучать в нем всех заинтересованных лиц;
- стать академическим партнером D-Link и использовать учебные материалы D-Link или разрабатывать на их основе собственные в рамках учебных программ высшего, среднего, специального образования;
- проводить обучение в дистанционной форме, используя уже готовые курсы дистанционного обучения D-Link, либо разработать совместно с представителями компании собственные курсы;
- открыть учебные классы D-Link и обучать в них по разработанным преподавателями учебного заведения авторским курсам D-Link;
- открыть сетевую лабораторию D-Link для поддержки практических занятий, курсов дистанционного обучения и исследовательской деятельности.

Компания D-Link запустила программу стажировки, целью которой является привлечение студентов телекоммуникационных специальностей государственных учебных заведений для формирования кадрового состава компании, а также поддержки научно-исследовательской деятельности студентов. В программе стажировки D-Link, которая проходит в три этапа – практикант, ассистент, начинающий инженер, могут участвовать студенты (начиная со второго года обучения) профильных специальностей учебных заведений участвующих в Программе обучения D-Link с высокой академической успеваемостью, владеющие английским языком и компьютером. Во время стажировки, при условии отличной успеваемости, быстрого овладения знаниями и успехов в научно-исследовательской деятельности, студентам будет выплачиваться именная стипендия.

Вне зависимости от формы сотрудничества компания D-Link предоставляет учебному заведению возможность бесплатного обучения преподавателей, получения учебных материалов, консультаций специалистов, доступ к технической документации на оборудование. Помимо этого, с целью поддержки учебного процесса в рамках академического партнерства, возможно предоставление оборудования для проведения лабораторных работ согласно учебной программе.

Компанией разработаны оригинальные учебные материалы по

коммутаторам локальных сетей, технологиям безопасности, беспроводному оборудованию и IP-телефонии.

В состав учебных материалов входят: учебное пособие с описанием технологий, особенностей работ оборудования и практическими примерами его использования, презентация к учебному пособию и методические указания для проведения лабораторных работ.

Компания D-Link активно сотрудничает с преподавателями ведущих ВУЗов страны с целью разработки учебных пособий по различным сетевым технологиям. Так совместно с преподавателями МГТУ им. Н.Э. Баумана изданы учебные пособия «Построение коммутируемых компьютерных сетей» и «Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях» с грифом УМО для направления «Информатика и вычислительная техника». Совместно с преподавателями Киевского университета имени Бориса Гринченко разработано и издано учебное пособие «Базовые технологии компьютерных сетей». Издано учебное пособие «Основы сетевых технологий», разработанное совместно с Уральским федеральным университетом им. Первого президента России Б.Н. Ельцина и имеющее гриф УМО для направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Совместно с преподавателями Рязанского государственного радиотехнического университета издано учебное пособие «Построение беспроводных сетей на базе оборудования D-Link» для направления «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». Безопасность компьютерных сетей и решения компании D-Link в этом направлении отражены в недавно вышедших книгах. Книга «Технологии защиты информации в компьютерных сетях. Межсетевые экраны и интернет-маршрутизаторы» написана совместно с преподавателями МГТУ им. Баумана и имеет гриф УМО для направления «Информатика и вычислительная техника». Двухтомник «Основы сетевой безопасности. Часть 1. Межсетевые экраны» и «Основы сетевой безопасности. Часть 2. Технологии туннелирования» является совместной работой с преподавателями МГУ им. М. В. Ломоносова. Книга имеет гриф УМО для направлений «Прикладная математика и информатика» и «Фундаментальная информатика и информационные технологии» [3].

Разработанные в России учебные пособия переводятся на английский язык и издаются за рубежом. Так книга по технологиям коммутации локальных сетей «Switching technologies in modern Ethernet networks», написанная совместно с преподавателями МГТУ им. Н.Э.Баумана издана на Тайване и используется для поддержки международной программы обучения D-Link Academy. Готовится к переводу и последующему изданию двухтомник по основам сетевой безопасности «Основы сетевой безопасности. Часть 1. Межсетевые экраны» и «Основы сетевой безопасности. Часть 2. Технологии туннелирования», который также будет использоваться в рамках обучающих программ D-Link Academy.

Отдельно необходимо отметить разработку такого класса учебных материалов как видеолекции и online-презентации, доступные на сайте компании D-Link [6]. В настоящее время разработан и внедрен в учебный процесс курс видеолекций «Основы сетевых технологий» на факультете ВМиК МГУ.

Online-презентации по технологиям цифрового дома, введению в маршрутизацию, основам коммутации, беспроводным технологиям различного уровня преследуют целью подготовить слушателей к прохождению обучения на портале дистанционного обучения D-Link [2] и последующей сдачи экзаменов с получением сертификатов компании.

Для учебных целей также прекрасно подойдет разработанный компанией D-Link пакет специализированных программных инструментов проектирования сети [8], который с успехом можно использовать как средство разработки в курсовых и дипломных работах, а также в качестве лабораторных работ, что уже апробировано на кафедре «Телекоммуникационных систем» Волгоградского государственного университета.

Компания D-Link ведет активное сотрудничество с университетами России, Украины, Белоруссии, Тайваня, Индии и Южной Америки, открывая на их базе авторизованные учебные центры.

На территории России открыта и действует система 24 авторизованных учебных центра [5]. Авторизованный учебный центр — это учебное заведение, обучающее по программам авторизованных курсов D-Link. Форма обучения в нем может быть очной или дистанционной с очным лабораторным практикумом. После окончания курсов в авторизованном учебном центре, слушатели могут сдать сертификационный экзамен и получить сертификат D-Link.

Академическим партнером D-Link может стать любое образовательное учреждение, заинтересованное в развитии системы IT-образования и внедрении в образовательный процесс информации о новейших сетевых технологиях и практических примерах их использования, а также в повышении квалификации преподавателей. На сегодняшний день программа академического партнерства насчитывает 50 российских учебных заведений высшего и среднего образования [4].

В 2011 году компания D-Link запустила собственный российский портал дистанционного обучения [2]. Этот ресурс предназначен для всех, кто интересуется современными сетевыми технологиями. В настоящее время все желающие могут пройти обучение по курсам «Основы сетевых технологий. Базовый курс D-Link», «Технологии коммутации и маршрутизации современных сетей Ethernet. Базовый курс D-Link», «Межсетевые экраны и Интернет-маршрутизаторы D-Link. Базовый курс», «Основы сетевой безопасности. Часть 1: Межсетевые экраны», «Основы сетевой безопасности. Часть 2: Технологии туннелирования», а также «D-Link CPE Installer: Ethernet, ADSL Routers». В настоящее время на портале

зарегистрировалось и прошло обучение более 10 900 человек, из них около 480 человек сдали экзамены и получили сертификаты D-Link.

Плюсом дистанционного обучения является то, что курсы доступны слушателям из любого населенного пункта при наличии подключения к сети Интернет, и они могут планировать время своего обучения. Однако работа с реальной лабораторной установкой является неотъемлемой частью эффективного учебного процесса для направления информационно-коммуникационных технологий. Поэтому слушатели дистанционных курсов, заинтересованные в получении сертификата, могут пройти лабораторный практикум и сдать соответствующие экзамены в любом ближайшем авторизованном учебном центре D-Link.

Компания D-Link ведет активное сотрудничество не только с высшими и средними учебными заведениями, но и с общеобразовательными школами. В 2012 году компания D-Link уже по доброй традиции принимала участие в Летней школе юных программистов (ЛШЮП), которая проходила с 10 по 24 июля в ДОЛ «Созвездие Юниор» в г. Новосибирске. В мероприятии приняли участие более ста детей школьного возраста не только из городов Сибири, но и с Урала, Санкт-Петербурга и даже из Италии. Цель Летней школы — дать возможность заинтересованным ИТ-технологиями детям провести частичку летних каникул с пользой как для здоровья, так и для ума. Компания D-Link традиционно участвует в фестивале «Цифровое будущее», в рамках которого сотрудники компании проводят для детей московских школ мастер-классы по настройке оборудования и рассказывают про современные технологии для построения цифрового дома.

Одной из наиболее плодотворных форм работы с учебными заведениями высшего и среднего образования, компания D-Link считает участие в научно-практических конференциях в области телекоммуникаций, которая способствует «живому» контакту со студентами и преподавателями, необходимому для коррекции направлений работы компании с учреждениями образования.

Компания D-Link является постоянным спонсором Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», регулярно проходящей в МГУ, а также является непременным участником ежегодных конференций «Проблемы передачи информации в телекоммуникационных системах» в ВолГУ, «Электронная Казань», представителей региональных научно-образовательных сетей RELARN, Недели науки МЭСИ, и т.д., где сотрудники компании выступают с докладами, посвященными современной сетевой проблематике. Представительство компании D-Link принимало участие в VII Международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании» («ИКТО-Екатеринбург-2013»), проходившей в городе Екатеринбург 16-17 мая 2013 года, организаторами которой стали Государственное бюджетное

образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Свердловской области «Институт развития образования», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Virginia Institute of Technology, USA.

Не менее важным в ряде регионов является чтение лекций и проведение практических занятий в рамках учебных планов, а также руководство курсовым и дипломным проектированием сотрудниками D-Link, которые зачастую одновременно являются штатными сотрудниками профильных кафедр. Так, региональный менеджер в Волгограде в звании доцента кафедры «Телекоммуникационных систем» Волгоградского государственного университета читает лекции по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» с использованием оригинальных учебных материалов компании D-Link, а также является постоянным членом Государственной Экзаменационной и Аттестационной комиссий, и под его руководством ежегодно студенты защищают курсовые и дипломные работы по данной специальности. В ходе их выполнения студентами решаются практические задачи, позволяющие им затем гораздо успешнее в дальнейшем осваивать производственную специфику. Ежегодно кафедра «Телекоммуникационных систем» выпускает несколько десятков специалистов очной и заочной форм обучения.

Также положено начало процессу создания базовых кафедр D-Link в ВУЗах — в мае 2012 года такая кафедра создана на базе ФГБОУ ВПО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н.Прянишникова».

Для приобретения практических навыков работы с сетевым оборудованием компания D-Link способствует организации производственной практики студентов ВУЗов и СУЗов на базе региональных офисов и созданию в учебных заведениях лабораторий сетевых технологий, в которых студенты и преподаватели могут вести также исследовательскую работу в области телекоммуникаций.

В частности, при содействии регионального офиса D-Link на кафедре «Телекоммуникационных систем» Волгоградского государственного университета создана лаборатория «Мультисервисных систем и сетей», которая предназначена не только для выполнения лабораторных практикумов, но и для проведения научных исследований в области телекоммуникаций. Оборудование лабораторий кафедры позволяет строить масштабные модели типовых телекоммуникационных решений, применяемых в области ШПД.

Также организованы сетевые лаборатории на кафедре «Вычислительные системы и сети» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), и на кафедре «Информационных систем и технологий» Волгоградского государственного аграрного

университета, где все желающие могут получить навыки работы с коммутаторами компании D-Link.

Отдельно необходимо сказать об опыте комплексного взаимодействия компании D-Link с Рязанским государственным радиотехническим университетом на различных этапах учебного процесса, создания авторизованной лаборатории, производственной практики и последующего трудоустройства студентов в компании D-Link.

Ряд учебных дисциплин факультета вычислительной техники РГРТУ построены на основе учебных и учебно-методических разработок специалистов компании D-Link по темам: «Основы сетевых технологий», «Основы построения беспроводных сетей», «Технологии коммутации компьютерных сетей». К проведению учебного процесса активно привлекаются консультанты компании D-Link, специализирующиеся на определенном типе сетевого оборудования. Они проводят учебные семинары, включающие теоретическую часть и примеры построения реальных корпоративных сетей.

Авторизованная сетевая лаборатория D-Link открыта на базе кафедры ЭВМ Рязанского государственного радиотехнического университета. В лаборатории проводятся практические занятия со студентами по различным дисциплинам, связанным с сетевыми технологиями, а также учебные занятия и исследовательская работа студентов в области встроенных систем на базе операционной системы Linux.

По инициативе консультанта по обучающим проектам в Рязани, одновременно являющегося доцентом кафедры «Систем автоматизированного проектирования вычислительных средств» Рязанского государственного радиотехнического университета, в учебные программы магистратуры по направлению «Конструирование и технология электронных средств» была включена дисциплина «Встроенные компьютерные системы». Магистранты, обучающиеся по данному направлению, изучают устройство и методы разработки встроенных систем на основе операционной системы Linux на примере сетевого оборудования компании D-Link.

На базе факультета вычислительной техники Рязанского государственного радиотехнического университета созданы факультативные учебные курсы «Программирование встроенных Linux-систем на основе оборудования D-Link». Студенты изучают основы работы с Linux в качестве пользователя, программирование на языке C, устройство ядра Linux, программный интерфейс ядра Linux, основы использования Linux во встроенных системах. За время существования курсов более 20 студентов получили сертификат D-Link.

Также организованы факультативные учебные курсы «Основы сетевых технологий». На них студенты изучают основные принципы построения компьютерных сетей с практическим изучением сетевого

оборудования.

На базе рязанского офиса и лаборатории сетевых технологий D-Link в Рязанском государственном радиотехническом университете каждый год проходят производственную практику порядка 40 студентов специальностей «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем», «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» и направлений «Информатика и вычислительная техника», «Информационные системы и технологии» и «Программная инженерия». Практика проводится по двум направлениям — «Компьютерные сети» и «Программирование».

Первое направление предполагает углубленное изучение сетевых технологий и проектирования компьютерных сетей. Второе направление предполагает разработку различных компонентов встроенного программного обеспечения сетевого оборудования D-Link, которая производится под руководством ведущих программистов компании.

Студенты, хорошо показавшие себя на практике, приглашаются на работу в отдел технической поддержки и отдел программирования компании.

Уникальным мероприятием для студентов ВУЗов является ежегодная Международная Олимпиада в сфере информационных технологий «IT-Планета», в которой компания D-Link с самого начала данного проекта в 2007 году традиционно отвечает за разработку, оценку заданий и проведение в номинации «Протоколы, сервисы, оборудование» на всех этапах данного мероприятия [7].

Масштабы Олимпиады впечатляют — если в 2009 году для участия в ней зарегистрировалось 6389 студентов из 570 различных учебных заведений, то в 2010 году число участников уже достигло 7065 из 664 учебных заведений, в 2011 году — 10595 участника, в 2012 — 11968 участников из 759 учебных заведений, в 2013 — 11624 участника из 791 учебного заведения.

Во втором отборочном этапе приняли участие **878** участников из Азербайджана, России, Украины, Казахстана и Беларуси.

В Международном финале, который проходил в Крыму, приняли участие **180** человек из России, Украины, Казахстана и Беларуси.

Первый этап конкурса компании D-Link предполагает прохождение тестов на сайте Олимпиады, где участникам необходимо ответить на 30 вопросов, случайным образом извлекаемых из базы, за 45 минут.

Ниже показана статистика участия по странам и федеральным округам России, распределение заявок по конкурсам Олимпиады «IT-Планета 2013/14», и количества пройденных тестов:

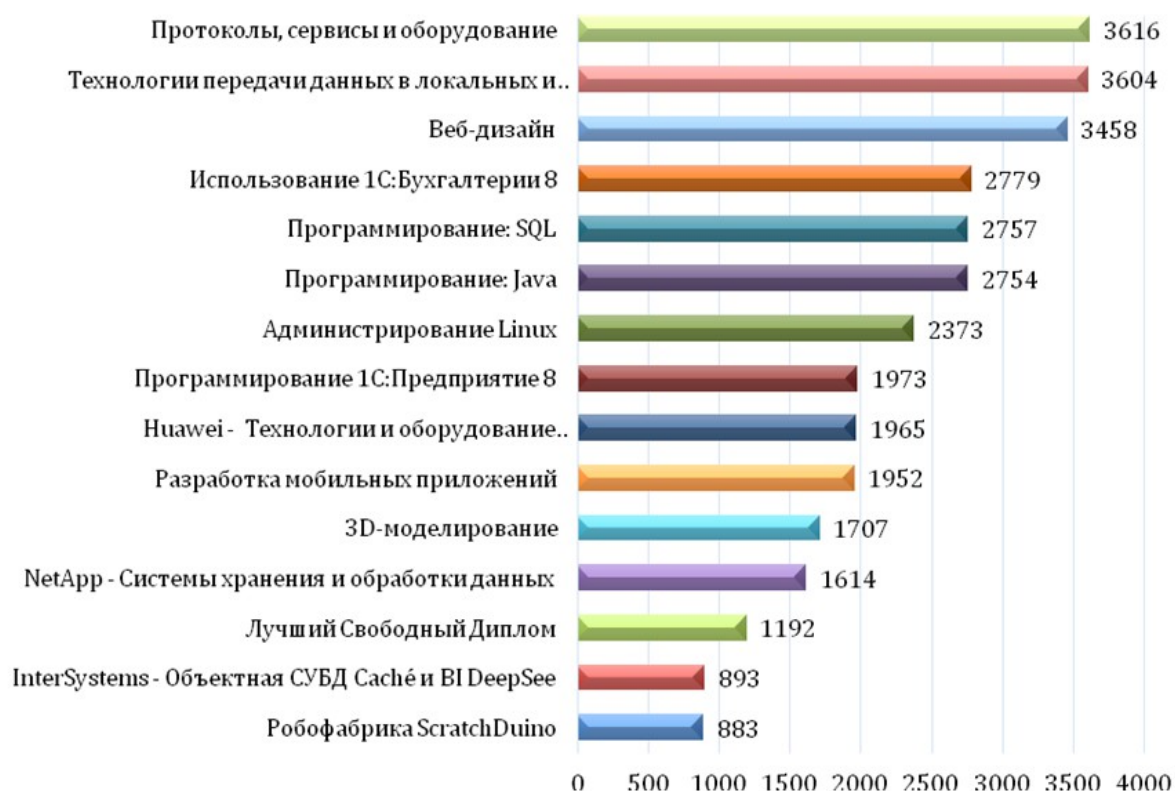
Статистика регистрации с разбивкой по странам

Страна	Количество участников, чел	Соотношение к общему количеству, %
Россия	9913	85,28%
Украина	741	6,37%
Казахстан	675	5,81%
Беларусь	252	2,17%
Азербайджан	18	0,15%
Таджикистан	15	0,13%
Киргизия	4	0,03%
Германия	2	0,02%
Армения	1	0,01%
Израиль	1	0,01%
Латвия	1	0,01%
Узбекистан	1	0,01%
Всего	11624	100

Статистика регистрации с разбивкой по федеральным округам России

Страна	Количество участников, чел	Соотношение к общему количеству, %
ДФО	480	4,8%
ПФО	1867	18,8%
СЗФО	825	8,3%
СКФО	920	9,3%
СФО	1227	12,4%
УФО	1058	10,7%
ЦФО	1689	17,0%
ЮФО	1847	18,6%
Всего	9913	100

Количество поданных заявок по конкурсам



Количество пройденных тестов по конкурсам



Из **11624** студентов, прошедших регистрацию для участия в ИТ-Олимпиаде, **3616** студентов подали заявку на участие в конкурсе «Протоколы, сервисы и оборудование», которую проводит компания D-Link, что отражает динамичное развитие телекоммуникационной отрасли, возрастающего интереса к ней со стороны учебных заведений и студентов,

и показывает правильность стратегии компании D-Link по работе с учебными заведениями.

О компании D-Link

Компания D-Link является ведущим мировым производителем сетевого оборудования, предлагающим широкий набор решений для создания локальных сетей Ethernet/ Fast Ethernet/ Gigabit Ethernet, построения беспроводных сетей и организации широкополосного доступа, передачи изображений и голоса по IP (VoIP). В 2012 году компания открыла в Российской Федерации собственное производство, сертифицированное в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001:2008). В РФ офисы компании D-Link открыты в Москве, Санкт-Петербурге, Архангельске, Барнауле, Белгороде, Владивостоке, Волгограде, Воронеже, Екатеринбурге, Ижевске, Иркутске, Казани, Калининграде, Кемерово, Краснодаре, Красноярске, Курске, Мурманске, Н.Новгороде, Новосибирске, Омске, Оренбурге, Пензе, Перми, Ростове-на-Дону, Рязани, Самаре, Саратове, Ставрополе, Тольятти, Туле, Тюмени, Ульяновске, Уфе, Хабаровске, Чебоксарах, Челябинске и Ярославле. В Брянске, Иваново, Кирове, Магнитогорске, Твери работают региональные представители компании.

Авторизованные учебные центры работают в Москве, Санкт-Петербурге, Абакане, Алматы, Екатеринбурге, Иркутске, Копейске, Красноярске, Новокузнецке, Новосибирске, Перми, Приволжском федеральном округе, Ростове, Самаре, Тольятти, Уфе, Челябинске и Ярославле. Портал дистанционного обучения D-Link: <http://learn.dlink.ru>.

Информация о продуктах/решениях, событиях и текущей деятельности D-Link публикуется на официальном сайте <http://www.dlink.ru> и странице компании в Facebook.

Литература

1. <http://www.dlink.ru/ru/education/>
2. <http://learn.dlink.ru/login/index.php>
3. <http://www.dlink.ru/ru/education/6/>
4. <http://www.dlink.ru/ru/education/3/>
5. <http://www.dlink.ru/ru/education/2/>
6. <http://www.dlink.ru/ru/education/7/>
7. <http://world-it-planet.org/>
8. <http://dlink.ru/tools/>

Гимранов Р.Д.

ОАО «Сургутнефтегаз», г.Сургут, начальник управления информационных технологий

Информационные модели предприятия в реализации технологии in-memory data management

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИТ-архитектура, In-Memory, модернизация ИС, Real-time Enterprise.

АННОТАЦИЯ

В докладе представлена технология In-Memory Database Management (IMDM), как современная инновация, которая потенциально сильно влияет на информационные системы предприятий.

Используемые сегодня крупными предприятиями информационные системы сложны и многокомпонентны. Они содержат системы учета, хранилища данных, аналитические системы, вспомогательные системы. Сложность архитектуры и необходимость передавать между системами значительные объемы информации приучили наших бизнес-пользователей использовать устаревшую информацию при принятии управленческих решений. Практически все аналитические системы оперируют данными прошлых суток и более старыми. При необходимости обеспечить более оперативную информацию в системах принятия решений, мы вынуждены идти на определенные упрощения, агрегации и даже в этом случае «кладем на стол» менеджеров информацию из прошлого, например, часовой давности. Причем стоимость таких решений гиперболически возрастает при приближении к времени реального события. Можно говорить об определенном технологическом барьере, обусловленном текущими особенностями корпоративных информационных систем.

Попытки качественных улучшений в приближении к реальному времени в основном связывали с усовершенствованием аппаратной части. Так при появлении конвергентных аппаратных решений в начале 21 века, Gartner предложил формулировку предприятия, управляемого в реальном времени (Real-Time Enterprise) как «an enterprise that competes by using up-to-date information to progressively remove delays to the management and execution of its critical business processes». Наличие в определении характеристики последовательного исключения задержек обусловлено ограничениями как архитектурными, так и функциональными со стороны СУБД. Причем Gartner отмечал, что приближение к реальному времени асимптотическое.

Современные требования к информационным системам по обработке больших массивов информации, обработке потоков событий, проведения

неструктурированного поиска, поддержке принятия решений не могут быть в полной мере реализованы на традиционной реляционной СУБД, которая с 70-х годов и до сегодняшнего дня положена в основу практически любой информационной системы [1].

По прогнозу М.Стоунбрейкера и других ученых на смену реляционной СУБД на дисках придут разнообразные решения, специализированные для конкретных задач. Одно из таких решений — поколоночная СУБД, размещенная в оперативной памяти сервера. Концептуальный подход и прототип был представлен в 2007 году [2], в 2008 году подход был расширен дополнительными технологическими находками [3] и в 2009 году реализован в первой коммерческой СУБД in-memory SAP HANA [4]. С тех пор, с той или иной степенью успешности, этот подход реализован в решениях всех крупных поставщиков СУБД — Oracle, IBM, Microsoft.

Именно вследствие появления нового «полностью переписанного» продукта можно утверждать, что появившиеся новые технологические решения, заложенные в in-memory data management, предоставляют возможность строить информационные системы, которые принципиально по-другому работают с потоками и объемами информации. Старые технологические ограничения преодолены и предприятия могут управлять своими бизнес-процессами в реальном времени.

Осуществление инновации стало возможным, как и десятилетием ранее, благодаря достижениям производителей аппаратного обеспечения — существенному увеличению объема оперативной памяти серверов и снижению их стоимости, а также появлению многоядерных процессоров, обеспечивающих мощные вычисления с использованием большого объема оперативной памяти.

Основные технологические решения, положенные в основу новой СУБД, это — поколоночное хранение, сжатие, распараллеливание, буферизация изменений. Именно они позволили повысить на порядки скорость обработки данных, снизить объемы БД, получить новые возможности. На уровне структуры данных стало возможным существенное упрощение за счет исключения промежуточных агрегатов, фактов, витрин, индексов, а также изменению подходов к количеству и структуре таблиц с особенностями поколоночного хранения. На уровне аппаратного обеспечения снижаются требования к системе хранения данных, поскольку диски (а теперь уже как правило флеш-память) используются лишь для резервного хранения и только в режиме записи. На порядки возросшая скорость обработки позволяет решать прежние задачи на меньших по мощности вычислительных ресурсах.

ОАО «Сургутнефтегаз» уже три года использует SAP HANA и мы можем обоснованно подтвердить все теоретические и макетные предположения [5], [6]. Первое же реализованное в 2011 году продуктивное решение на базе SAP HANA позволило получать результаты (отчеты) о наличии и движении материальных ресурсов в 675 раз быстрее (16 секунд вместо 3

часов), объемы хранимой информации снизились вчетверо. Впервые менеджерам среднего звена предоставлена возможность получить единый оперативный и исторический отчет и не устанавливать никаких ограничений на глубину и объем выборки (по складам, номенклатуре, датам и т.п.)

Возможности новой СУБД сильно влияют на ИТ-архитектуру информационных систем. Так как нет более необходимости разделения транзакционной и аналитической БД, возможно исключить многие системы, а именно — хранилища данных, системы загрузки и трансформации (ETL — extraction, transformation, loading), системы обработки цепочки сервисов и другие. Архивное хранение и исторические данные для анализа переносятся из оперативной памяти на диски или флеш-память автоматически при понижении «температуры данных» — интегрального показателя изменчивости и использования.

Однако, основное значение перемен заключается не в снижении затрат и упрощении инфраструктуры, а в появлении новых возможностей. Так в аналитических приложениях мы можем оперировать свежими данными непосредственно из транзакционной БД. Можем строить аналитические запросы тысячекратно более сложные, чем раньше.

Таким образом становится возможным преодоление текущего технологического барьера при построении информационной системы предприятия для управления в режиме реального времени, позволяющего принимать управленческие решения на основе актуальной информации не только на оперативном, но и на стратегическом уровнях. Можно определить такую информационную систему как Real-Time Enterprise 2.0, дополнив определение Gartner 2002 года: «An enterprise that competes by using up-to-date information to progressively completely remove delays to the management and execution of its critical business processes».

Корпоративные информационные системы сложны и неповоротливы, поэтому нам предстоит длительный путь повышения их эффективности с использованием СУБД in-memory. М.Стоунбрейкер с коллегами, проводя аналогию с периодом появления реляционной СУБД писал: «Период 1970-1985 г.г. был временем интенсивных дебатов, множества идей и значительного переворота. Мы предсказываем, что следующие 15 лет будут такими же.» [2]

В настоящее время основная сложность на этом пути — отсутствие специалистов требуемой квалификации.

В связи с тем, что подходы кардинально меняются как на низовом технологическом уровне, так и на уровне архитектуры предприятия, требуются новые компетенции для ИТ-специалистов практически всех специализаций:

Специалисты по БД, программисты:

- знать технологию: особенности, подходы, принципы;

- знать текущие программные решения (SAP HANA, Oracle EXADdata, IBM SolidDB,...);
- уметь проектировать и оптимизировать структуры данных;
- уметь разрабатывать и отлаживать новые SQL-запросы.

Специалисты по BI (Business Intelligence):

- знать технологию;
- знать особенности построения решений;
- уметь проектировать и оптимизировать юниверсы;
- уметь выбирать и проектировать аналитические решения (отчетность, СППР, обработка событий, симуляторы, ...).

Специалисты по интеграции:

- знать технологию;
- знать особенности обеспечения интеграции на уровне систем, процессов, событий, данных;
- уметь проектировать и оптимизировать интеграционные решения в составе ИТ-архитектуры.

Специалисты по инфраструктуре:

- знать технологию;
- знать варианты построения ландшафта систем с использованием решений ИМ — компоненты, связи, существенные параметры;
- уметь проектировать и оптимизировать ландшафт;
- уметь выполнять сайзинг;
- уметь разрабатывать стратегию развития ландшафта.

Аналогичные требования предъявляются к ИТ-архитекторам, специалистам по моделированию бизнес-процессов и др.

Для улучшения ситуации в этой области высшей школе необходимо как следует поработать — внести образовательные инициативы, изменить существующие учебные программы, подготовить учебный материал, УМК, лабораторные и практические занятия. И, в первую очередь, самим профессорам и преподавателям изучить особенности этой технологии, вплести их в общую канву целевого образа выпускника. Аналогичные изменения нужны в программах профессиональной переподготовки. И, может быть, именно с них можно было бы начать, чтобы затем применить для основных образовательных программ.

Такая работа невозможна без тесного партнерства с теми, кто технологию разрабатывает и использует. Мы сегодня решаем эти задачи в рамках обеспечения непрерывного профессионального образования на базовой кафедре ОАО «Сургутнефтегаз» в Сургутском государственном университете. Это, на мой взгляд, положительный пример результативного и взаимовыгодного партнерства.

В заключении отмечу, что in-memory data management как инновационная технология, далекая от зрелости, открывает возможности для решения актуальных сегодня задач импортозамещения и, уверен, при

проведении организованных совместных работ, позволит создавать конкурентные мощные современные решения на российском программном обеспечении — от операционной системы и СУБД до прикладных и интерфейсных систем.

Литература

1. “One Size Fits All”: An Idea Whose Time Has Come and Gone. Michael Stonebraker, Uğur Çetintemel
2. The End of an Architectural Era (It’s Time for a Complete Rewrite). Michael Stonebraker, Samuel Madden, Daniel J. Abadi, Stavros Harizopoulos, Nabil Hachem, Pat Helland, VLDB '07, 2007
3. A Common Database Approach for OLTP and OLAP Using an In-Memory Column Database. Hasso Plattner, SIGMOD'09
4. In-Memory Data Management. Hasso Plattner, Alexander Zeier, Springer 2011
5. Surgutneftegas takes HANA for a Test Drive. SAP insider profiles 2012.
6. Customer report: Surgutneftegas deploys SAP HANA to increase the energy efficiency of thousands of operating facilities in real time. Rinat Gimranov, SAP Service and Support pages 44-46, SAP Press 2014.
7. Обеспечение достоверной информации в информационной системе крупного предприятия на основе архитектурного подхода. Р.Д.Гимранов, В.А.Агиевич, Нефтяное хозяйство 04'2013.

Шикова Ю.

Директор НОУ УЦ «Сетевая Академия»

Облачное обучение и облачный преподаватель

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Облачные технологии, обучение, информационные технологии.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам развития форматов обучения в сфере дополнительного профессионального ИТ-образования. Рассматриваются особенности трансформации персональной очной формы обучения в электронную с использованием облачных технологий. Автор подробно рассматривает функционал, который используется в «Облачном обучении». Особое место отводится роли преподавателя в сопровождении обучения на облачных курсах. В статье перечисляются основные преимущества, которые предлагает новый формат для слушателей, заказчиков и учебных центров. Главное достоинство использования облачных технологий при предоставлении учебных курсов — возможность получить качественное обучение в любом месте и в любое время.

В 2013 году «Сетевая Академия ЛАНИТ» предложила рынку новый формат **«Облачное Персональное обучение»**, который стал on-line продолжением формата «Персональное обучение». В свое время запуск «Персонального обучения» в очной форме позволил не только гибко планировать сроки и графики обучения, но и добиваться лучших образовательных результатов: по статистике слушатели в среднем в 2 раза выше оценивают свой прогресс в изучении материала по сравнению с традиционным очным обучением в группе. Средний балл по результатам итогового тестирования повысился на 30%. *(Рисунок 1 — Сравнение результатов обучения в очном и персональном формате).*

При разработке нового формата требовалась технология, которая учитывала бы ряд требований:

- 1) обучать много людей одновременно и по разным направлениям или
- 2) наоборот иметь возможность оперативно провести учебный курс для одного-двух человек по определенному направлению — в облачном формате возможны все комбинации и варианты;
- 3) обеспечить возможность неоднократного повторения материала слушателем *(Рисунок 2).*

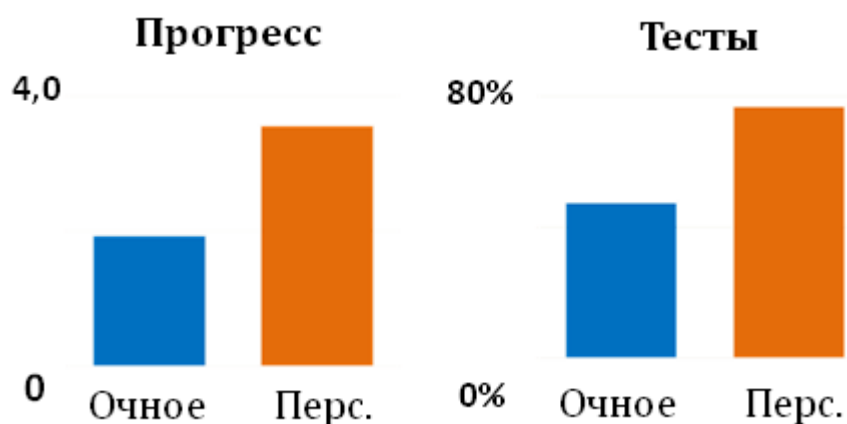


Рисунок 1. Сравнение результатов обучения в очном и персональном формате



Рисунок 2. Эффективность разных форм обучения

«Облачное Персональное обучение» позволило качественно обучать людей, которым сложно приехать на место проведения занятий или по состоянию здоровья тяжело выходить из дома. Это полноценное обучение со всеми его необходимыми элементами.

В «Облачном Персональном обучении» добавлен новый функционал, который позволяет обучать в любое время и в любом месте:

- лекции транслируются с помощью специально подготовленных видеороликов;
- обучение сопровождает преподаватель удаленно: он отвечает на вопросы слушателей на специальном форуме курса или по электронной почте и проверяет практические работы;
- взаимодействие с преподавателем и сокурсниками возможно как с помощью обычного компьютера, так и из браузеров с мобильных

устройств под Android и Windows;

- предусмотрена возможность дополнения синхронными голосовыми и видеотехнологиями.

В этой методике не используются малоэффективные «вебинаровские» формы коммуникации, т.к. преподаватель общается со слушателем персонально с помощью инструментов для личного общения.

Все компоненты учебно-методических материалов хранятся централизованно в «Системе электронного обучения», доступ к которой слушатели получают через Интернет (или Интранет) с помощью стандартных Интернет-браузеров: Microsoft Internet Explorer, Mozilla FireFox, Google Chrome. Видеоматериалы сделаны таким образом, что сохраняя высокое качество изображения и звука, они не перегружают систему и Интернет-каналы.

Комплект электронных образовательных материалов состоит из:

- предварительного теста, который используется для оценки начальных знаний слушателя и составления индивидуальной учебной программы;
- видеоматериалов по теоретической части, включающих в себя запись лекций и демонстрацию работы с программным обеспечением. Изучение теоретического материала сопровождается выполнением слушателями коротких упражнений и ответами на вопросы для самоконтроля;
- конспект лекций (учебник) с кратким изложением теоретического материала и формулировками коротких упражнений (на закрепление отдельных навыков) в виде пригодном для печати или просмотре на экране компьютера;
- набор описаний практических работ для самостоятельного выполнения;
- тесты по каждому модулю курса для проверки усвоения и повторения теоретического материала;
- итоговое тестирование и итоговая самостоятельная работа, которые позволяют оценить конечный образовательный результат;
- игровые образовательные компоненты (например, кроссворд).

В «Облачном Персональном обучении»:

1. Теоретический материал слушатель получает из специально снятых видеороликов;
2. Все видеоматериалы, которые используются в проведении курса, сделаны по специально разработанной системе, которая позволяет удерживать внимание учащихся на протяжении обучения и сняты в профессиональной телестудии;
3. В каждом курсе есть: навигация с возможностью перемотки, остановки и повторения видеофрагмента, лабораторные работы, вопросы для самопроверки и пр. — все это позволяет усваивать

изучаемый материал максимально эффективно, с учетом индивидуальных особенностей восприятия, удобного режима занятий, собственного темпа освоения курса. (Рисунок 3 — Зависимость образовательного результата от наличия интерактивных технологий).

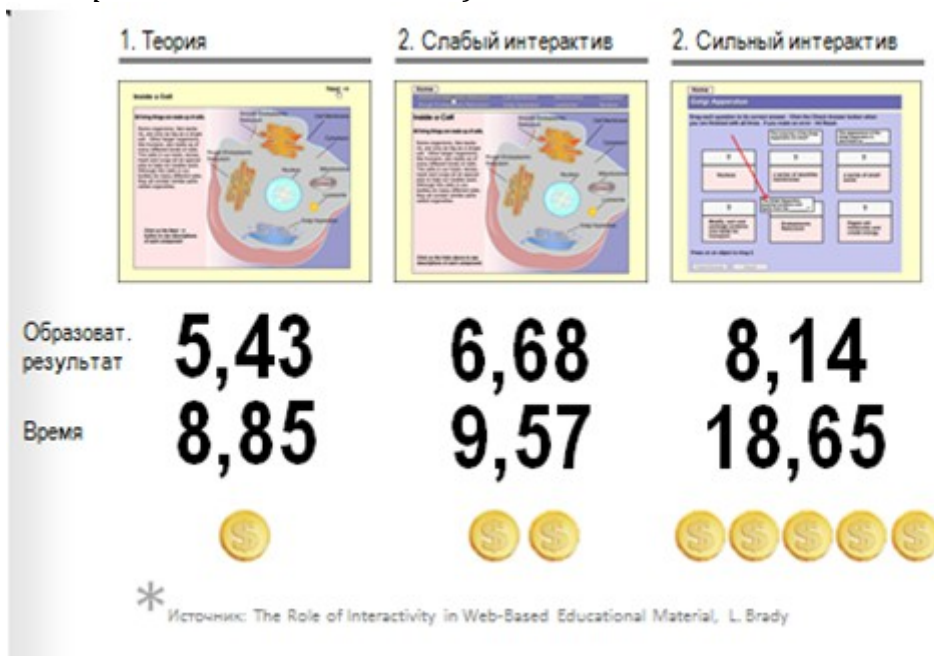


Рисунок 3. Зависимость образовательного результата от наличия интерактивных технологий

Для прохождения курса слушателю в «Облачном персональном обучении» потребуется компьютер, подключенный к сети Интернет с пропускной способностью не менее 1.5 Мбит/с, гарнитура. Для использования удаленного лабораторного стенда должна быть обеспечена возможность подключения к нему по RDP протоколу.

Применение формата «Облачное Персональное обучение» позволяет:

➔ **слушателям:**

- составить персональную программу обучения на основе предварительного тестирования;
- обучаться в индивидуальном темпе и графике;
- не тратить время на дорогу до места обучения, обучаться в разных городах и в любом часовом поясе;
- персонально общаться с преподавателем;
- усвоить материал лучше, чем коллеги, при занятиях в классическом формате в группе.

➔ **корпоративным заказчикам:**

- направить сотрудников на обучение в любое удобное время, не дожидаясь набора групп;

- провести разные учебные курсы на своей территории как в одном помещении, так и на рабочих местах;
- обучать людей в группах с разным уровнем начальной подготовки;
- быстро получать все необходимые отчетные данные и аналитическую информацию о прохождении курса;
- экономить средства.

→ учебным центрам:

- получить доступ к уникальному продукту, отработанным технологиям и методологиям;
- оперативно внедрить курсы в формате «Облачное Персональное обучение» в своем учебном центре по разным направлениям;
- предложить гибкий график своим клиентам;
- обучить сотрудников центра работе с данным форматом;
- получить при необходимости полноценное сопровождение: техническую поддержку, консультации специалистов провайдера;
- повысить экономическую эффективность.

«Облачное Персональное обучение» выходит на рынок с уникальным предложением, которое высоко оценивается в первую очередь людьми, имеющими высокую мотивацию к обучению. В своих отзывах они отмечают возможность самостоятельно распределять время при освоении курса, отсутствие необходимости дожидаться, пока все в группе освоят тему, чтобы перейти к следующей, возможность в любой момент задать вопрос преподавателю и получить на него развернутый ответ.

**СЕКЦИЯ 1. ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ: МЕТОДОЛОГИЯ,
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Тихомиров В.В.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

О проектировании национальной системы квалификаций в области ИКТ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Результаты обучения, знания, умения, навыки, компетенции, европейская рамка, профессиональные стандарты, CS-2013, проект TUNING.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются подходы к проектированию национальной секторальной рамки квалификаций в области Информатика. Обсуждается возможность использования европейской системы ИКТ компетенций (e-CF), фундаментальные компетенции образовательных стандартов, стандарта CS-2013 и рекомендации проекта TUNING при разработке квалификационных характеристик образовательных программ.

В работе рассматриваются подходы к формированию карты (паспорта) компетенции в сфере ИКТ на основе широко признанных в профессиональном сообществе систем описания характеристик труда ИКТ специалистов, систем международных стандартов ИКТ образования и европейской и национальной рамок квалификаций. С другой стороны, не менее важной является проблема формирования укрупненных компетенций и проектирования соответствующих квалификаций для результатов обучения.

С точки зрения особенностей ИКТ образования важная специфика прорывных ИКТ исследований состоит в появлении новых профессий и трудовых функций. Это приводит к постановке задачи управления знаниями, уравнивания динамичных узких специализаций с профессиональными и академическими стандартами, для которых характерна определенная инертность. В определенной степени решению этой задачи служит разработка методики построения отраслевой квалификационной рамки в области Информатика, которая осуществляется в рамках проекта INARM. Обсуждению и некоторым особенностям реализации основных методологических принципов проектирования секторальной рамки квалификаций в области Информатика посвящены работы [2] и [3]. Отдельное место в этих работах посвящено методике конструирования карты (паспорта) компетенции. При этом важную роль играет европейская рамка ИКТ-компетенций (см. [4]).

1. Основные подходы к проектированию секторальной рамки

На подготовительном этапе проектирования секторальной рамки квалификаций эксперты изучают существующие системы описания характеристик труда ИКТ специалистов. Каждая из перечисленных ниже систем является источником ценной информации.

- Профессиональные стандарты (ПС) РФ в области ИКТ.
- Результаты обучения из академических образовательных стандартов.
- European e-Competence Framework 3.0 (A common European framework for ICT Professionals in all industry sectors) [4].
- European ICT Professional Profiles [5].
- ECCE — Engineering observatory on Competence based Curricula for job Enhancement [6].
- Международные стандарты Computing Curricula CS-2013 [7].
- Система компетенций TUNING в области ИКТ [8].

Остановимся кратко на роли каждой из данных систем при построении рассматриваемой секторальной рамки. Отметим, что подробный анализ ПС РФ в рамках проекта ИНАРМ проведен в работе [3] по изучению трудовых функций и компетенций в области ИКТ, нацеленное на выработку подходов к гармонизации соответствующих ПС РФ с помощью Европейской рамки ИКТ компетенций. Сопоставление понятийного аппарата, терминологии, а также сравнение макета описания трудовых функций ПС ИКТ РФ и компетенций e-CF проводится также в [2]. При этом требования к результатам обучения в ПС ИКТ РФ — это наиболее ценная информация, которая может быть использована в секторальной рамке.

Европейская рамка ИКТ компетенций (European e-Competence Framework 3.0 [4]) использует структуру упорядочивания компетенций на основе четырех дескрипторов. Первый дескриптор (табл. 1) отвечает за разбиение всего множества компетенций на пять кластеров (обобщенных компетенций), учитывающих устоявшуюся специфику жизненного цикла продукта в области ИКТ: (А) планирование, (В) реализация, (С) эксплуатация, (D) обеспечение, (Е) управление. Второй дескриптор определяет 40 компетенций, которые покрывают все бизнес и рабочие процессы в профессиональной области. Третий дескриптор задает информацию об уровнях образования, соответствующих данной компетенции. Дескриптор 4 содержит набор примеров описания соответствующих данной компетенции знаний (knowledge) и умений (skills). В качестве средства описания знаний и умений в примерах используются глаголы действия «знает/осведомлен/знаком» и «способен», что существенно упрощает процедуру их сопоставления результатам обучения. Краткое описание ИКТ компетенций (фрагмент) представлено в таблице 1, причем каждой компетенции ставится в соответствие ее расширенное (полное) описание с учетом дескриптора 4.

Таблица 1. Фрагмент Европейской рамки ИКТ компетенций (дескрипторы 1-3).

Дескриптор 1 5 областей компетенций	Дескриптор 2: предопределенные ИКТ-компетенции	Дескриптор 3 Профессиональные уровни компетенций (соответствуют уровням EQF 3-8)				
		e-1	e-2	e-3	e-4	e-5
А. ПЛАНИРОВАНИЕ	А1. Согласование ИС и бизнес-стратегии					
	А2. Управлением уровнем услуг					
	А3. Бизнес-планирование					
	А4. Планирование работ или продуктов					
	А5. Проектирование архитектуры ИС					
	А6. Проектирование приложений					
	А7. Анализ новых технологий					
	А8. Устойчивое развитие					
	А9. Инновации					

Поскольку результаты обучения, приведенные в профессиональных ИКТ стандартах, ориентированы на компетенции, то их связь с e-CF можно считать почти однозначной, и, следовательно, при построении секторальной рамки недостающие результаты обучения могут быть пополнены из тех примеров, которые приведены в дескрипторе 4 и в ПС ИКТ РФ.

Важным является анализ систем, описанных в [5] и [6] (см. также [9], [10]). В первом документе группой экспертов СЕН разработаны 23 европейских ИКТ профиля, которые достаточно равномерно отражают сферу ИКТ процессов и являются основой для разработки профессиональных стандартов. Во втором документе разработаны технологии перехода от европейских ИКТ компетенций к результатам обучения. В нем сформулированы 24 результата обучения в инженерном образовании.

В результате работы над проектом ИНАРМ было предложено для каждой (e-CF) компетенции спроектировать паспорт (карту) компетенции с указанием результатов обучения на каждом из трех уровней: уровень 6 (бакалавр), уровень 7 (магистр), уровень 8 (доктор/кандидат наук). Этот подход позволит затем сформулировать квалификационные рамки для всех уровней обучения. Пример результатов этой работы представлен в таблице 2 для компетенции А.1 — паспорт (карта) А1.7.

Таблица 2. Карта А1.7 Результаты обучения для компетенции А1. (Уровень 7)

Компетенция А.1	А.1. Согласование ИС и бизнес-стратегии	Уровень 7 ПС РФ е-4 е-CF- (магистр)
Краткая аннотация компетенции	Предвидит долгосрочные перспективы развития бизнеса и определяет инфраструктуру ИС в соответствии с организационной политикой, принимает стратегические решения в отношении развития инфраструктуры ИС, включая стратегию использования ИТ-ресурсов.	
ПС ИКТ РФ	Руководитель разработки ПО, руководитель проектов в области ИКТ, специалист по информационным системам.	
Профили (23 ИКТ-профиля)	Руководитель ИТ- подразделения, ИТ-директор, бизнес-аналитик, архитектор предприятия.	
Названия должностей, в рамках которых может быть востребована эта компетенция	Руководитель проектов, ведущий руководитель проектов, руководитель группы (отдела) внедрения ИС, начальник отдела разработки	
Результаты обучения (разделы согласно ЕСCE)		
Знания (теоретические и фактические): «знает/осведомлен о/знаком с»	Умения (когнитивные и практические): «способен»	Отношение (ответственность и автономность): «способен»
<p><u>Знания и понимание I:</u> математический, функциональный и системный анализ; методы оптимизации; исследование операций; методы прогнозирования; архитектура, устройство и функционирование вычислительных систем; современные стандарты информационного взаимодействия систем; основы менеджмента; системы хранения и анализа баз данных; информационная безопасность и защита информации; операционные системы и сети ЭВМ.</p> <p><u>Знания и понимание IV:</u> стратегией информационной безопасности организации; возможными угрозами нарушения информационной безопасности; внешними и внутренними тенденциями и факторами, оказывающими</p>	<p><u>Инженерный анализ II, III:</u> определять и анализировать долгосрочные интересы пользователей/заказчиков; анализировать будущее развитие технологий и бизнес-процессов;</p> <p><u>Инженерное проектирование I, II:</u> участвовать в разработке и развитии стратегии бизнеса; разрабатывать и оценивать стратегии проектирования информационной системы; обосновывать, анализировать и оценивать принимаемые проектные решения;</p> <p><u>Исследования I, II:</u> участвовать в разработке и развитии ИТ-стратегий и политик;</p>	<p><u>Управленческие навыки I:</u> планировать, организовывать, контролировать работы на всех этапах жизненного цикла информационных систем;</p> <p><u>Управленческие навыки IV:</u> проводить маркетинговый анализ и обоснованный выбор средств и методов автоматизации производственных процессов;</p> <p><u>Персональные характеристики I:</u> использовать технологии межличностной и групповой коммуникации в деловом взаимодействии;</p> <p><u>Персональные</u></p>

<p>влияние на развитие предприятия; возможностями и потенциалом релевантных бизнес-моделей; компонентами аппаратного обеспечения, инструментами и архитектурами аппаратных платформ; бизнес-целями и задачами предприятия; моделями и стратегиями по выбору поставщиков услуг.</p>	<p><u>Инженерная практика I:</u> обосновывать, анализировать и оценивать принимаемые проектные решения; разъяснять и представлять проекты/разработки заказчикам; производить и оценивать результаты тестирования с учетом спецификации.</p>	<p><u>характеристики II:</u> регулярно изучать проблемы пользователей, определяя решения и оценивая возможные побочные эффекты; <u>Персональные характеристики V:</u> действовать творчески и осуществлять поиск возможностей для непрерывного совершенствования процесса оказания услуг посредством анализа основных процессов. <u>Трудовая функция (из e-CF):</u> осуществляет стратегическое руководство ИС с применением лидерства в целях достижения соглашений и обеспечения обязательств со стороны руководства предприятия.</p>
--	--	--

В первом столбце таблицы 2 (дескриптор «Знания и понимание I») рекомендуется использовать предложенные базовые (фундаментальные) знания, которые необходимы для развития когнитивных навыков (в соответствии с методологией TUNING — в российском варианте). В этой связи отметим, что методология TUNING, позволившая европейским университетам успешно включиться в деятельность по созданию единых образовательных уровней, согласованных требований к структуре программ, выработке общих подходов к сравнению и оценке результатов обучения, стала своего рода дорожной картой Болонского процесса. Разработанная в рамках проекта «Настройка образовательных программ в европейских вузах» методология сегодня вышла за рамки ЕС и приобрела международное значение в качестве универсального инструмента модернизации учебных планов в контексте достижения профессиональных компетенций. Предложенный в проекте список ИКТ компетенций содержал пять макро-компетенций:

- способность к восприятию, обобщению и анализу информации;
- способность к саморазвитию и самосовершенствованию;
- способность к включению в профессиональное сообщество;
- способность понимать, применять и развивать математические

знания, основные законы естествознания, знания предметной области (в рамках профессиональной деятельности) и базовые принципы ИКТ;

- способность разрабатывать, реализовывать и координировать процессы жизненного цикла информационных систем, технологий и программных продуктов.

Данный перечень макро-компетенций неплохо согласуется с принципами, рекомендуемыми международным стандартом Computing Curricula CS 2013 [7]. Этот стандарт выделяет пять качественно различных сфер деятельности в области ИКТ: Computer Science; Software Engineering; Information Systems; Information Technology; Computer Engineering. При этом четвертая из сформированных макро-компетенций в наибольшей степени отражает требования деятельности в сфере Computer Science, пятая — в сфере Information Systems. Кроме того, новые версии стандарта особое внимание уделяют способности к саморазвитию и самообразованию, формулируя ее как отдельное основополагающее требование. Этому соответствует вторая макро-компетенция. Две другие макро-компетенции в большей степени касаются личностных качеств выпускника и связаны с общими (общекультурными) требованиями.

2. Фундаментальные знания в методике построения секторальной рамки квалификаций

Один из дескрипторов Европейской рамки e-CF относится к определению знаний, необходимых для освоения данной компетенции. В карте каждой компетенции прописываются соответствующие ей знания по уровням освоения. Но при этом выделяются только узкопрофессиональные знания. Российская традиция образования предполагает, что специалисты высокого уровня в своей профессиональной работе опираются не только на жестко профилированные знания, но и на широкий круг фундаментальных знаний. Фундаментальность составляет специфическую выигрышную особенность российского образования.

Если обратиться к профессиональным стандартам в области информационных технологий, созданных российскими экспертами АПКИТ, то можно заметить, что в перечне профессиональных требований, предъявляемых к разным категориям специалистов, присутствуют не только конкретные знания профессиональной области, но и фундаментальные знания, необходимые для успешного выполнения должностных обязанностей. В частности, в этом стандарте встречаются требования знаний следующих фундаментальных предметов: численные методы, дискретная математика, теория графов, математический анализ, функциональный анализ, основы статистики, операционные системы, теория баз данных, основы математического моделирования, теория управления, теория системного анализа, русский язык и культура речи, английский язык на техническом уровне, основы конфликтологии и

психологии, и др. Очевидно, что при разработке национальной секторальной рамки следует учесть этот опыт и соответствующие требования российского профессионального сообщества в сфере ИКТ.

Для сферы ИКТ итоговый перечень компетенций разделен на общие компетенции и специальные (профессиональные) компетенции в предметной области. Общие ИКТ — компетенции имеют вид:

- способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу;
- умение работать в команде;
- способность применять знания на практике;
- способность к самообразованию;
- способность находить, обрабатывать и анализировать информацию из разных источников;
- знание и понимание предметной области и профессии;
- нацеленность на достижение результата;
- способность разрабатывать и управлять проектами;
- способность общаться на иностранном языке;
- способность к общению в устной и письменной форме на родном языке.

Специальные компетенции в области ИКТ формулируются в терминах «способности»:

- анализировать предметную область, идентифицировать, классифицировать и описывать проблемы; находить методы и подходы к их решению;
- проектировать ИКТ системы, включая проведение моделирования (формального описания) их структуры и процессов;
- разрабатывать ИКТ системы;
- развертывать, устанавливать, интегрировать, вводить в эксплуатацию и обслуживать ИКТ системы и их элементы;
- гарантировать качество ИКТ систем в соответствии с техническим заданием;
- развивать и реализовывать новые конкурентоспособные идеи в области ИКТ;
- знать спецификации, стандарты, правила и рекомендации в профессиональной области, следовать им, оценивать степень обоснованности их применения;
- анализировать, выбирать и применять методы и средства для обеспечения информационной безопасности; Обеспечивать техническую поддержку и обучение пользователей ИКТ систем;
- применять и развивать фундаментальные и междисциплинарные знания, включая математические и научные принципы, численные методы, средства(включая программное обеспечение в соответствии с профилем подготовки) и нотации для успешного решения проблем.

В рамках проекта ИНАРМ предлагается дополнить систему компетенций e-CF фундаментальными компетенциями естественнонаучных и математических дисциплин. В результате построена матрица соответствия этих компетенций системе ИКТ компетенций e-CF. В таблице 3 приведен пример построения соответствия компетенций e-CF (группа А. Планирование) и фундаментальных знаний методологии TUNING. Дескриптор 3 содержит информацию об уровнях освоения. В дескрипторе 4 рамки компетенций (e-CF) добавлены компетенции фундаментальных знаний.

Таблица 3. Пример матрицы соответствия фундаментальных знаний рамке e-CF

Дескриптор 1 e-CF	Дескриптор 2 ИКТ-компетенции	Дескриптор 4 Знания	Дескриптор 3 профессиональные уровни компетенций (e-1 — e-5 — e-CF, соответствуют уровням EQF 3-8)				
			e-1	e-2	e-3	e-4	e-5
		TUNING					
		Фундаментальные знания	EQ F 3	EQ F 4,5	EQ F 6	EQ F 7	EQ F 8
А. ПЛАНИРОВАНИЕ	А1. Согласование ИС и бизнес-стратегии	Основы менеджмента; основы экономики; математическое моделирование; системный анализ; методы оптимизации; исследование операций; программная инженерия; основы кибернетики;					
	А2. Управление уровнем услуг	Основы менеджмента; основы маркетинга; программная инженерия; численные методы; оптимальное управление					
	А3. Бизнес-планирование	Основы менеджмента; основы экономики; методы оптимизации; теория игр и исследование операций;					
	А4. Планирование работ или продуктов	Основы создания ИС, математическое моделирование, формальная логика, математический, функциональный и системный анализ, методы оптимизации, исследование операций, программная инженерия					
	А5. Проектирование архитектуры ИС	Программная инженерия, формальная логика, основы кибернетики; основы архитектуры вычислительных систем;					
	А6.	Программная инженерия,					

Проектирование приложений	математическое моделирование, системный анализ, методы оптимизации, исследование операций					
A.7. Анализ новых технологий	Математический, функциональный и системный анализ; физика; методы оптимизации; исследование операций; методы оптимального управления; вероятностные методы;					
A.8. Устойчивое развитие	Математическое моделирование; физика; математический, функциональный и системный анализ, методы оптимизации, исследование операций; вероятностные методы;					

3. Рекомендации стандарта CS 2013 для проектирования образовательных программ и рамок квалификаций

В области ИКТ образования широкое признание получил стандарт CS-2013 [7], что делает его необходимым для изучения при проектировании «Результатов образования» для разработки примерных образовательных программ (ПООП), именно в разделе (профессиональная) квалификационная характеристика выпускника. Этот документ позволит сформулировать результаты обучения выпускника и расположить их по уровням обучения с учетом предложенных выше. При этом очевидно не исключается возможность установить их соответствие паспортам компетенций системы e-CF.

Ниже мы рассмотрим рекомендации по изучению объема знаний из стандарта CS 2013 и его роли в проектировании квалификационных рамок для образовательных программ в области Информатика. Свод знаний CS-2013 организован в виде набора из 18 областей знаний — Knowledge Areas (КА), представленных ниже.

- | | |
|--|--|
| 1. Дискретные структуры. | 11. Языки программирования |
| 2. Основы программирования. | 12. Социальные и профессиональные вопросы |
| 3. Алгоритмы и сложность | 13. Информационное обеспечение и безопасность |
| 4. Архитектура и организация | 14. Операционные системы. |
| 5. Вычислительные науки | 15. Ориентированная на платформу разработка. |
| 6. Сети и коммуникации. | 16. Основы разработки программного обеспечения |
| 7. Взаимодействие человека и компьютера. | 17. Программная инженерия |
| 8. Графика и визуальный компьютинг. | 18. Основы систем. |
| 9. Интеллектуальные системы. | |
| 10. Информационный менеджмент | |

Области знаний подразделяются на модули, которые определяют два базовых уровня образовательного ядра с указанием числа часов, выделенных на обязательное изучение программы. Отдельные модули составляют факультативы. Каждый модуль более подробно раскрывается на разделы, а для каждого раздела формулируются отдельные темы.

В стандарте сформулированы рекомендации для разработки профессиональных квалификационных характеристик выпускника. Выпускники программ по информатике должны иметь фундаментальную компетентность в областях, которые описываются в Своде знаний. Ожидаемые характеристики выпускников компьютерных наук включают следующие краткие положения.

- Техническое понимание информатики (мастерство в компьютерных науках в соответствии с ядром Объема знаний).
- Знакомство с общими темами и принципами (абстракция, сложность, эволюционные изменения, ресурс, безопасность и параллелизм, и др.).
- Признание взаимосвязи между теорией и практикой.
- Перспектива на системном уровне (умение думать на нескольких уровнях детализации и абстракции).
- Навыки решения проблем (умения применять знания), проектный опыт (например, реальный проект разработки программного обеспечения).
- Приверженность пожизненного обучения (изучение нескольких языков программирования, инструменты, парадигмы и технологии, а также фундаментальные основополагающие принципы во всем их образовании).
- Приверженность профессиональной ответственности (признание социальных, юридических, этических, правовых и культурных вопросов).
- Общение и организационные навыки (способность делать эффективные презентации, управлять своим собственным обучением и развитием).
- Осознание широкого применения вычислительной техники (понимание всего спектра возможностей доступных вычислений, использование информационных систем в своей деятельности).
- Оценка предметно-ориентированных знаний (возможность общаться и учиться у экспертов из разных областей на протяжении всей карьеры).

В стандарте CS 2013 сформулированы результаты обучения для каждого модуля из 18 областей знаний. Эти данные, например, для области «Программная инженерия» в обобщенном виде содержат следующие положения.

1. Демонстрировать владение знаниями и навыками в области программной инженерии, а также иметь профессиональные качества, необходимые для начала работы в качестве инженера по программному обеспечению.
2. В процессе работы над программными продуктами быть способными эффективно решать поставленные перед ними задачи как

индивидуально, так и в команде.

3. Разрешать противоречия в стоящих перед проектом целях, находя приемлемые компромиссы в рамках существующих ограничений (стоимость, время, знания, существующие системы и организации и т.п.).
4. Проектировать решения в одной или более предметных областях, используя подходы программной инженерии, балансирующие этические, общественные, юридические и экономические интересы различных заинтересованных сторон.
5. Демонстрировать понимание и способность к применению распространенных теорий, моделей и методов, которые обеспечивают современную базу для идентификации и анализа проблем, проектирования, разработки, реализации, аттестации и документирования программного обеспечения.
6. Демонстрировать понимание важности и способность к ведению переговоров, способность результативно работать, осуществлять руководство и эффективно общаться с заинтересованными лицами в типичных для разработки программного обеспечения ситуациях.
7. Изучать новые модели, методы и технологии по мере их появления, а также осознавать необходимость постоянного профессионального роста и др.

Для проектирования квалификационных рамок представляется необходимым сформулировать (обобщенные) «Результаты обучения» (содержащиеся в модулях) или трудовые функции и расположить их по уровням:

- Уровень 5 — среднее образование и первые два года обучения в балакавриате;
- Уровень 6 — результаты обучения бакалавра (4 года);
- Уровень 7 — результаты обучения в магистратуре (2 года);
- Уровень 8 — результаты обучения в аспирантуре (3 года).

В таблице 4 (фрагментарно) представлены модули для трех областей знаний: 1. Дискретные структуры; 2. Сети и коммуникации; 3. Интеллектуальные системы и возможный вариант их группировки по образовательным уровням.

Для формулировки результатов обучения в указанных модулях предложено использовать три уровня мастерства, определяемые следующим образом.

1. Знакомство: Студент понимает основные концепции, дает ответ на вопрос "Что вы знаете об этом?"
2. Использование: Студент может использовать или применить концепцию при выполнении конкретного анализа. Это дает ответ на вопрос "Что вы знаете о том, как это сделать?"
3. Оценка: обоснование выбора конкретного подхода для решения

проблемы.

Таблица 4. Пример группировки результатов обучения из CS 2013 по образовательным уровням

	1. Дискретные структуры;	2. Сети и коммуникации	3. Интеллектуальные системы
Уровни 5-6	DS.01/ Функции отношений и множества DS.02/ Основы логики DS.03/ Техника доказательств	NC.01/Введение приложения; NC.02/ Сетевые приложения; NC.03/ Надежная доставка данных NC.04/Маршрутизации и и пересылки;	IS.01/Фундаментальные проблемы IS.02/Основные стратегии поиска IS.03/Рассуждения, основанные на знаниях IS.04/Расширенный поиск
Уровень 7	DS.04/Основы комбинаторики DS.05/ Графы и деревья DS.06/ Дискретная вероятность	NC.05/ Локальные сети NC.06/ Распределение ресурсов NC.07/ Мобильность	IS.06/Углубленные рассуждения IS.07/ Агенты IS.08/ Обработка естественного языка IS.09/Машинное обучение
Уровень 8.		NC.08/ Социальные сети; NC.09/Мультимедийные технологии	IS.10/ Системы планирования IS.11/ Робототехника IS.12/ Восприятие и компьютерное зрение

4. Использование образовательных стандартов

Важным источником информации по наполнению паспорта компетенции в области ИКТ являются разрабатываемые с участием ведущих вузов России образовательные стандарты. Например, в собственном образовательном стандарте МГУ для направления «Системное программирование и компьютерные науки» (уровень магистра) предложены следующие *специализированные компетенции*:

- способность понимать и применять на практике основные знания об устройстве и функционировании компьютеров и компьютерных систем для решения конкретных физико-математических и научно-практических задач;
- способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат, владеть языком и современными средствами теории и методологии решения задач оптимизации (дискретных и непрерывных), знать и применять на практике основные понятия, факты и методы дискретной оптимизации;
- способность использовать математически средства исследования практической приемлемости конкретных алгоритмов, способность к анализу алгоритмов, применению в профессиональной деятельности

современных языков программирования и методов обработки данных;

- способность применять методы математической логики и логического программирования для решения задач в профессиональной и научно-исследовательской деятельности;
- способность к созданию распределенных систем, используя принципы построения, механизмы и алгоритмы синхронизации процессов при доступе к разделяемой памяти и общей файловой системе, способность оценивать время работы различных алгоритмов, используемых в распределенных системах и время выполнения операции для заданной модели памяти и при заданных параметрах сети;
- способность разрабатывать компиляторы, основанная на применении теории формальных языков, теории автоматов, теории графов, а также их практическое использование при создании конкретных приложений.

В этих (и других) компетенциях отражается накопленный многолетний опыт академического сообщества по подготовке высококвалифицированных кадров как для профессиональной сферы и области ИКТ, так и для образовательной среды.

В заключение отметим, что в данной работе (наряду с [2] и [3]) намечены основные методологические принципы проектирования секторальной рамки квалификаций в области Информатика с применением различных подходов, учитывающих сложившиеся особенности национальной и европейской систем образования и традиций профессиональных стандартов. Вместе с тем, очевидно, что практическая реализация этих принципов предполагает привлечение определенных материальных ресурсов и достаточного количества высокопрофессиональных экспертов, как из академической среды, так и из профессионального сообщества.

Литература

1. Дорожная карта «Развитие отрасли информационных технологий». [Электронный ресурс]: <http://government.ru/media/files/41d4b29db7c74fb9ad46.pdf>.
2. Вольпян Н.С., Тихомиров В.В. О проектирования секторальной рамки квалификаций в области «Информатика» [в печати, Вестник РГУУ].
3. Харитонова И.Ю., Сергеев С.Ф. Анализ профессиональных стандартов Российской Федерации в области ИКТ как подготовительный этап построения секторальной рамки квалификаций «Информатика-менеджмент» [в печати, Вестник РГУУ].
4. European e-Competence Framework 3.0 (A common European framework for ICT Professionals in all industry sectors). [Электронный ресурс]: http://www.ecompetences.eu/wp-content/uploads/2014/02/European-e-Competence-Framework-3.0_CEN_CWA_16234-1_2014.pdf.
5. European ICT Professional Profiles (CWA 16458) ICS 35.020 — May 2012. [Электронный ресурс]: <ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/ICT/CWAs/CWA%2016458.pdf>.
6. ECCE — Engineering observatory on Competence based Curricula for job Enhancement Project. [Электронный ресурс]: <http://www.ecceobs.eu>.

7. CS 2013 [Электронный ресурс]: <http://www.acm.org/education/CS2013-final-report.pdf>.
8. Кузенков О.А., Тихомиров В.В. Использование методологии «TUNING» при разработке национальных рамок компетенций в области ИКТ // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сб. избранных трудов VIII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А.Сухомлина. — М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. С. 77-87.
9. Вольпян Н.С. Европейская система ИКТ-профилей. Методические аспекты создания и использования /Н. С. Вольпян // Качество. Инновации. Образование, 2013, № 6.-С.51-60.
10. Вольпян Н.С. Европейский опыт реализации политики развития ИКТ-компетенций. Европейская рамка ИКТ-компетенций / Н.С. Вольпян. — М.: Softline, 2011. — 118 с.
11. Вольпян Н.С., Разгулин А.В., Тихомиров В.В. Об особенностях проектирования национальной системы компетенций и квалификаций в области ИКТ [в печати, Вестник РГУУ].

Монахов В.М.

член-корреспондент Российской академии образования, профессор Московского государственного гуманитарного университета им.М.А.Шолохова

ИТ-образование и некоторые вопросы эволюции отечественной методической системы обучения математике, обеспечивающие технологизацию учебного процесса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Технологизация и инструментализация МСО. Технологическая карта, как проект учебного процесса. Целостный процесс формирования компетенций, задаваемых ФГОСом. Визуализация результатов технологического мониторинга. Алгоритмически точное решение методической задачи как инновационная идея.

АННОТАЦИЯ

В сообщении показаны инновационные этапы инструментализации традиционной методической системы обучения математике-МСО в условиях ФГОСа и первые шаги по автоматизации управления качеством результатов учебного процесса и качеством формируемых компетенций. Приведен пример естественной интеграции информационных технологий и педагогической технологии В.М.Монахова при проектировании учебного процесса в виде технологических карт- ТК с последующей компьютерной обработкой результатов диагностик и визуальной выдачей автоматически полученной информации преподавателю (в виде методических рекомендаций по оптимизации уже реализованного проекта учебного процесса), а учащимся (в виде индивидуальных траекторий их успехов).

В начале прошлого века три страны в мире могли гордиться своим школьным математическим образованием. Это были Франция, Германия, Россия. Во второй половине XX века и Франция, и Германия утратили свои лидерские позиции. Наша школьная математика и отечественная методика обучения математике фактически стала эталоном для многих стран. Не случайно академик Н.Н.Моисеев в девяностые годы писал, что от СССР нам досталось самое дорогое наследство — система советский учитель! Приходится констатировать низкий государственный спрос на реальные инновации в области образования и весьма скромные шаги в деле институционального обеспечения инновационного образования.

В настоящее время много проблем в деле коммерциализации уже

имеющегося научно-технологического потенциала в области образования. Здесь речь идет о необходимости трансформации имеющихся исследовательских заделов в рыночно эффективные продукты. **Фактически финальные стадии инноваций оказываются в положении, когда их просто некому обеспечивать.**

Одним из серьезных ограничений перехода российского образования на инновационный путь развития является слабость позиций России на мировом рынке образовательных инноваций и технологических продуктов. Сегодня объем мирового рынка наукоемкой продукции в целом оценивается в 2 триллиона 300 миллиардов долларов. На долю Америки приходится 39%, а на долю России намного меньше. На фоне такого соотношения весьма грустно наблюдать **процесс фактического самоотказа от фундаментальных достижений и преимуществ системы отечественного образования и методической науки**, которая не смогла в последние десятилетия должным образом представить мировой педагогической общественности нашу образовательную систему в виде, который радикально влиял бы на мировую школу. Автор отчетливо понимает весь джентельменский набор трудностей, который бы пришлось преодолевать в условиях фактической технологической монополии наиболее развитых держав и идущего болонского процесса. Сегодня в российском образовании складывается такая модель развития, которая в первую очередь опирается на **факторы, совершенно несвязанные с технологическими инновациями**. Имеющие хождения на сегодняшний день образовательные инновации подошли к своему **исчерпанию**. Попытки в этих условиях дожидаться эволюционного формирования **эффективных институтов инновационного развития** могут привести к окончательной утрате остатков инновационного потенциала и к необратимой в среднесрочной перспективе деградации всего российского образования.

Неправильен тезис о **догоняющем образовательном развитии**. В методическом плане нам не нужна практика заимствования технологических нововведений. Что касается заимствования институтов. Но тем не менее догоняющим странам приходится создавать собственные нововведения для обеспечения *устойчивого роста* в долгосрочной перспективе! Россия среди догоняющих стран занимает **особое место**. Но не только вследствие наличия богатых природных ресурсов, но и благодаря достаточно **хорошо развитой системе образования**. Инновационный потенциал образовательной системы зависит от того, какое пространство и какие стимулы эта система предоставляет для **экспериментирования с альтернативными возможностями**. Жизнеспособность системы образования в значительной степени зависит от того, насколько она умеет приспосабливаться к окружающей среде и ее изменениям — самоорганизация системы и ее саморазвитие!

Цель нашего выступления на конференции — **как восстановить**

систему подготовки легенды отечественного образования — учителя математики, а не функционера "образовательных услуг". Профессионально надо заметить, что традиционно методика обучения математике была самой прогрессивной среди других школьных методик. Как известно, ядром любой методики является **методическая система обучения — МСО**, которая благодаря В.П.Беспалько была названа главным *слагаемым педагогической технологии*.

Проследим эволюцию МСО по наиболее значимым вехам, особо подчеркивая позитивные изменения, часто называемыми инновационными в профессиональной деятельности учителя математики.

1. Продуктивным шагом в *технологизации и инструментализации* методической системы стало введение седьмого компонента "**управление**" в модель методической системы обучения (у В.П.Беспалько в его дидактической системе было шесть компонентов), а предложение трактовать управления как *управленческий процесс* фактически стало началом поиска **инновационных структур управленческих процессов** и исследование возможных перспектив **автоматизации** самого управленческого процесса как перевод процесса управления на язык "обыкновенной" **технологической карты** [1]. Напомним структуру и компонентный состав **методической системы обучения: методическая задача** (цель, содержание, обучаемый), **технология решения методической задачи** (учебный процесс, организационные формы, преподаватель) и **управление**.

2. Разработка и внедрение в образовательную среду самодостаточного понятия **модель учебного процесса** как важнейшего компонента МСО. Универсальная (для любого учебного предмета) параметрическая модель учебного процесса состоит из пяти параметров — *целеполагание, диагностика, коррекция, дозирование, логическая структура* [1].

3. Мое инновационное изобретение стандартизированной **технологической карты — ТК**, как своего рода проекта будущего учебного процесса в границах учебной темы. Естественно, что в основу технологической карты положена *параметрическая модель* учебного процесса [1]. Главные *методические инновации технологической карты: структура* содержания формируется моделью будущего учебного процесса (пять параметров, которые при проектировании последовательно *проявляются!*), *содержание* представляется тремя составляющими:

- *первая составляющая — диагностика* — это то, что будет *диагностироваться*,
- *вторая составляющая — дозирование* — это то, что обеспечивает **гарантированность** будущей успешной диагностики,
- *третья составляющая* — это **коррекционная профилактика** прогнозируемых затруднений и типичных ошибок учащихся при

освоении учебного содержания. Важный нюанс заключается в обязательном участии самого преподавателя при **формировании и проектировании** содержания!! Именно это становится важнейшим **фактом** современной профессиональной *методической культуры преподавателя!* Вышеперечисленное есть *инновационное представление содержания* в виде, целесообразном для **технологического мониторинга качества его усвоения учащимся.** В технологической карте **учебный процесс** представляется в виде проекта, состоящего из последовательности **технологических карт**, в которых каждая **микроцель** оперативно диагностируется, ведется систематический **мониторинг** результатов всех диагностик и **визуализация результатов** учебного процесса в виде **индивидуальных траекторий** каждого обучаемого (обучаемый сам сравнивает запланированную им самим траекторию с реальной, выданной компьютером) и **спектрального портрета группы** в целом (более того, преподаватель получает с компьютера распечатанные **конкретные методические рекомендации** по улучшению уже один раз использованного проекта учебного процесса) [1].

4. Систематизация огромного опыта учителей и преподавателей в созданной своего рода **методической энциклопедии типичных ошибок**, содержание которой стало фактически **цивилизованным наказом учительства методической науке** рассматривать понятие типичной ошибки как **объективный фактор дальнейшего развития и совершенствования самой методики** обучения математике [1].

5. Появление принципиально нового вида методической работы преподавателя с собственно моделью учебного процесса — с его **логической структурой.** Для этого создана **технология оптимизации логической структуры технологической карты и самого реального учебного процесса.** Результаты исследования взаимосвязей следующих *пар компонент: цель — содержание* (в виде учебника) , *цель — учебная программа, цель — система микроцелей ТК, цель — ФГОС,* позволили найти **технологические процедуры оптимизации логической структуры ТК.** Следует различать оптимальность для преподавателя и оптимальность для студентов. Оценка взаимосвязи **цели** предмета и **микроцелей** учебной темы позволяет более наглядно и предельно **объективно** представить **планируемые результаты** обучения. Другими словами, устанавливается однозначное соответствие между заявленными во ФГОСе **компетенциями и микроцелями.**

6. Дальнейшее развитие и совершенствование **методических функций технологической карты** при сопровождении учебного процесса: проектирование ТК, чтение ТК, язык общения с помощью ТК преподавателя и студентов, преподавателей между собой!

7. Создание по результатам многолетних исследований **технологии**

проектирования целостного процесса формирования компетенций, представленных во ФГОС [6].

8. Результаты исследования современных проблем школьного и вузовского учебников в аспекте их технологизации и информатизации позволили создать принципиально новую **модель технологического вузовского и школьного учебника по математике полного цикла** и экспериментально уточнить **новые методические функции** такого учебника. Речь идет о **технологическом школьном учебнике "Алгебра-7"** [9] и **технологическом вузовском учебнике полного цикла "Высшая математика"** [10]. **Полный цикл** подразумевает в технологическом учебнике соединение в единое целое **формирование компетенций**, задаваемых ФГОС, и **технологический мониторинг качества** формируемых у каждого обучаемого той или иной компетенции [7], [9], [10]. В этих учебниках наиболее целостно нашла свою реализацию **методология проектирования методических систем с наперед заданными свойствами**.

9. Результаты экспериментальных исследований качества процесса формирования компетенций по вышеприведенным учебникам и потенциал возможных методических функций **технологического мониторинга** были использованы при создании **компьютерной системы аналитической обработки** результатов диагностик. Главными методическими продуктами этой системы, получившими широкое практическое использование, стали: **визуализированные** результаты технологического мониторинга для преподавателя в виде **оценки качества** сделанного им проекта учебного процесса, и индивидуально для каждого студента его **траектория** учебных успехов [6].

10. Решающая роль в представленной эволюции принадлежит **инструментальной идеи "заданных свойств"**, которая была технологически реализована при **проектировании методических систем обучения с наперед заданными свойствами**. Следует обратить внимание на то обстоятельство, что в данном случае технологическая трактовка **оптимизации как факта реализации заданных свойств** позволила ее широко инструментально использовать в **методической работе преподавателя с результатами диагностик** [5].

11. Многолетнее теоретическое исследование фундаментальной проблемы **инструментализации методики обучения математике** в аспектах ухода от традиционно **приближенных или "волевых"** решений дидактических и методических задач. Первые экспериментальные попытки привели к выдвижению и реализации идеи **алгоритмически — точного решения методической задачи** [5],[6]. Раскрытию этой идеи посвящены следующие пункты 12 - 17.

Но перед этим вспомним 2010г., когда ректор МГУ академик РАН В.А.Садовничий, выступая на Всероссийском съезде учителей математики, обратил внимание на то обстоятельство, что до недавнего времени в

математике большой класс задач не имел «формульно-точных» решений. В математике "...задачи, ранее не решавшиеся «формульно-точно», стали исследоваться сегодня «компьютерно», т.е. приближенно, а затем на этой основе часто удается сделать строго математически доказанные выводы. Тем самым, постепенно расширяется и меняется само понятие доказательства. Появляющаяся дискретно-компьютерная составляющая стала довольно часто рассматриваться как необходимый первый этап исследований особо сложных научных задач. В последнее время существенно вырос процент «компьютерно угаданных», а потом строго математически доказанных теорем" [2, с.10-11].

12. Началом реализации **алгоритмически точного решения** методических задач стала **канонизация формулировки методических и дидактических задач и проблем**. Цель канонизации — предельно однозначно определиться с поставленными задачами исследования, т.е. четко понимать, **что** хотим получить в результате решения! Это фактически стало **предтечей** возникновения другой не менее фундаментальной и инновационной идеи создания **теории дидактического результата**.

Дано:	Следующие заданные свойства модели объекта: 1).. 2).. 3)...
Необходимо построить и спроектировать	Модель педагогического (методического) объекта, которая обладала бы всеми наперед заданными свойствами.

*Эта канонизированная форма и заданные свойства проектируемых педагогических объектов в инструментальной дидактике стали основополагающим и системообразующим **методологическим основанием** для решения задач модернизации и для формирования современного дидактического инструментария [11].*

13. Методологически целесообразным стало предложение перейти к **четырёхэтапному процессу алгоритмически-точного решения методических задач и проблем** [11].

14. Решение любой, в нашем случае методической, задачи должно начинаться с проектирования **первоначальной модели** исследуемого методического объекта — *первый этап* [1].

15. Реализация идеи **"внутримодельного исследования поведения спроектированной модели"** методического объекта — *второй этап* [8].

16. Реализация идеи **"натурного эксперимента"** — *третий этап* [1].

17. Реализация идеи **"многопараметрической экспертизы" результатов** натурного эксперимента — *четвертый этап*.

18. Создание и внедрение современной инструментальной модели

методической системы обучения математике [11,12].

Все перечисленные 18 **наших методических открытий и разработок** нашли систематизированное практическое внедрение в новой учебной программе для будущих бакалавров "Методика обучения математике".

Литература

1. Монахов В.М. Введение в теорию педагогических технологий: Монография. // Волгоград: Изд-во «Перемена», 2006.
2. Садовничий В.А. О математике и ее преподавании в школе. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова. 2010г.
3. Монахов В.М. Информатизация учебно-методического обеспечения целостного процесса формирования компетенций и технологического мониторинга управления их качеством // Вестник МГГУ. 2012. №4. С.46-59.
4. Монахов В.М. Технология проектирования методической системы с заданными свойствами в высшей школе // Педагогика. 2011. №6. С.43-46.
5. Монахов В.М. Технологическо-инструментальные основания проектирования методической системы преподавания с наперед заданными свойствами в условиях ФГОС III поколения // Вестник Московского университета серии 20. Педагогическое образование. 2012. №1. С.50-56.
6. Монахов В.М. Компетентностно-контекстный формат обучения и проектирование образовательных модулей // Вестник МГГУ им. М.А. Шолохова. 2012. №1.
7. Монахов В.М. О модели вузовского технологического учебника полного цикла, обеспечивающего реализацию ФГОС ВПО // Педагогика. 2012. №10. С.17-25.
8. Власов Д.А., Монахов Н.В., Монахов В.М. Математические модели и методы внутримодельных исследований: Монография. – М.: 2007.
9. Мордкович А.Г., Монахов В.М. Алгебра-7, технологический учебник, М.- Новокузнецк. 1999г.
10. Монахов В.М., Мусаелян А.Г., Монахов Д.Н. Математика. Технологический учебник полного цикла. – М.: Изд-во МГУП. 2012.
11. Монахов В.М., Ерина Т.М., Архипова Е.М. Инструментальная дидактика: миф или реальность.// Известия ВГСПУ. 2014. №4 (89) ,с. 189-198.
12. Монахов В.М. Об одной точке зрения на инструментализацию современной дидактики.// Вестник МГГУ им.М.А.Шолохова. Педагогика и психология/ 2014 №2, с.9-17.

Емельченков Е.П.¹, Мунерман В.И.², Самойлова Т.А.³

¹Смоленский государственный университет, г. Смоленск, заведующий кафедрой информатики, доцент, ypy1101@gmail.com

²Смоленский государственный университет, г. Смоленск, доцент кафедры информатики, vimoon@gmail.com,

³Смоленский государственный университет, г. Смоленск, доцент кафедры информатики, tatsam@hotmail.ru

О содержании учебного курса «Гибридные приложения для мобильных устройств»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Гибридное мобильное приложение, среда разработки, HTML5, Apache Cordova, Windows Phone, MVC, WCF, СУБД.

АННОТАЦИЯ

В статье приводится краткое описание ИТ-технологий, лежащих в основе учебного курса, ориентированного на начинающих разработчиков гибридных мобильных приложений. Курс иллюстрирует основные возможности средств разработки в средах Visual Studio и WebMatrix с применением технологии Apache Cordova и неотъемлемых от неё HTML5, CSS3 и JavaScript. Рассмотрены технологии с ориентацией на платформы Microsoft: Windows и Windows Phone.

Информационные системы для мобильных устройств занимают большой сектор рынка всевозможных программ в области бизнес-аналитики и data mining. Поэтому актуально обучение студентов технологиям их создания. Сущность гибридных мобильных приложений составляет нативный мобильный виджет – несетевое приложение, имеющее доступ к ресурсам мобильного устройства (камера, акселерометр, компас, файловая система, контакты, локальная память и т.д.) и выполняющее обработку данных, периодически взаимодействуя с серверным веб-приложением [1]. Мобильные виджеты, создаваемые, главным образом, средствами языка HTML5, можно считать наиболее перспективными по следующим причинам:

- Количество мобильных платформ в будущем будет только возрастать. Уже сейчас для обеспечения совместимости с максимальным количеством устройств, требуется создавать приложения для iPhone, Android, Palm Pre, Windows Phone, Symbian, Bada, а также приложение Java ME. Даже в этом случае невозможно охватить все мобильные платформы. Код, основанный на средствах HTML5, можно использовать для всех платформ.

- Условия рынка требуют быстрой реакции. Невозможно тратить месяцы на программирование своих мобильных клиентских приложений. Виджеты можно создавать достаточно быстро.
- Каждый производитель мобильных устройств уже реализовал поддержку виджетов или аналогичной технологии, либо планирует реализовать такую поддержку в ближайшем будущем.
- Виджет может послужить отличным дополнением к мобильному веб-приложению. Применив тот же код, что и версия мобильного приложения, виджет может предложить другие возможности, например, интеграцию с веб-сервисом.
- Виджеты могут присутствовать на экране мобильного устройства постоянно, не требуя вызова браузера и ввода URL-адреса.
- При проектировании виджетов применяются широко известные технологии программирования (HTML, JavaScript, CSS и Ajax), для которых доступно большое количество технических ресурсов и подготовленных специалистов.
- Для проектирования виджетов можно использовать библиотечные средства HTML5, не дожидаясь появления библиотечных средств для каждого нового мобильного устройства.
- Достаточно легко выполняется перенос мобильных виджетов на платформу настольных виджетов и в обратном направлении.
- Возможно распространение виджетов бесплатно или продажа их через магазины производителей устройств.

Вместе с тем применение данной технологии сопряжено с рядом проблем:

1. Отладка требует больших усилий по сравнению с простыми мобильными или веб-приложениями.
2. Виджет не является «родным» приложением, поэтому обеспечивает не лучшую производительность в сравнении с другими решениями.
3. Виджеты не подходят для создания некоторых типов приложений (этот круг постоянно сужается, например, за счет использования игровых виджетов).
4. Виджеты являются не простыми сайтами, а полноценными приложениями, включающими JavaScript. Применение хороших практик и приемов программирования при этом является обязательным.
5. В виджетах нельзя создавать трехмерные эффекты (или, по крайней мере, пока не рекомендуется из-за плохого быстродействия).
6. В настоящее время в виджетах сложно или невозможно реализовать процессы с интенсивной загрузкой процессора, такие как распознавание изображений, AR-решения или распознавание голоса.

Согласно [2], гибридный мобильный виджет для бизнеса представляет собой хороший компромисс между:

- дорогостоящим созданием уникального для каждой платформы приложения с возможностями доступа к встроенным аппаратным ресурсом;
- дешевым вариантом создания веб-приложения, где отсутствует доступ к аппаратным ресурсам, но имеются неограниченные возможности доступа к данным большого объема.

Для многих бизнес-сценариев предпочтительны варианты с виджетом, так как дополнительные усилия и расходы на создание уникальных приложений для каждой мобильной платформы могут перевесить все выгоды для бизнеса. Очевидно, что мобильные приложения для бизнеса будут и впредь набирать значимость по мере переноса вычислений с традиционных настольных ПК на разнообразные мобильные устройства.

В качестве ведущей технологии для гибридных приложений мобильных устройств целесообразно использовать open-source фреймворк Apache Cordova [3]. Этот фреймворк позволяет создавать приложения для мобильных устройств средствами [HTML5](#), без основных языков программирования (C#, Java, [Objective-C](#)), под все мобильные операционные системы (Windows Phone, iOS, Android, Bada и т. д.). Нередко этот фреймворк, являющийся промежуточным слоем между средой выполнения мобильного приложения и JavaScript [API](#), называют «оберточным» (wrapper) компонентом разработки мобильных приложений. Возможности Apache Cordova для доступа к ресурсам мобильного устройства при программировании виджетов основаны на API-функциях JavaScript, включенных в HTML5. В их состав входят такие JavaScript API-функции как HTML5 Audio, HTML5 Video, Canvas, localStorage, DeviceStorage API, Contacts API, Geolocation API, Mobile Connection API, WebSMS, WiFi Information API, Camera API. Разработчику предоставлены два способа их применения. Первый заключается в непосредственном использовании свойств и методов объектов из соответствующих JavaScript API-функций. Второй, более сложный для реализации программистом, – в употреблении готовых Cordova-плагинов посредством содержащихся в них объектов camera, storage, file, contacts, accelerometer, device, globalization и ряде других. Начиная с версии Cordova-3.0.0, соответствующие плагины входят в поставку отдельными zip-архивами, каждый из которых можно независимо от остальных добавить в проект по прилагаемым инструкциям. Примеры гибридных мобильных приложений, созданных на базе этого фреймворка, выложены на сайтах [4,5]. Компания Microsoft, развивающая стратегию разработки для Windows Phone, также поддерживает Cordova и HTML5 в сфере мобильных программ [6]. Microsoft стремится обеспечить программистам платформу, которая позволит им воспользоваться имеющимися навыками и технологиями для быстрого создания приложений.

Главный инструмент создания мобильных виджетов – это язык программирования JavaScript, представляющий собой сильнейшую составляющую спецификаций HTML5. Формально HTML5 определен организацией международных стандартов World Wide Web Consortium (W3C), он состоит из более 100 спецификаций, относящихся к веб-технологиям нового поколения. В настоящее время HTML5 – это шаг к созданию единого подхода к созданию веб-страниц для разных устройств, включая настольные компьютеры, мобильные смартфоны, телевизионные и игровые консоли. Такой подход называется принципом «единого Интернета» («One Web»). В некоторой степени, это возможно уже сейчас, однако полной реализации принципа единого Интернета в ближайшие несколько лет ожидать не следует. Необходимо учитывать, что при программировании мобильных приложений в качестве целевой платформы выступают устройства, очень сильно отличающиеся от настольных компьютеров. Одна из проблем состоит в том, что ситуации, в которых применяются мобильные устройства, зачастую в крайней степени отличаются от тех комфортабельных условий, в которых мы используем наши настольные компьютеры и даже ноутбуки и нетбуки. Поэтому обеспечение приемлемой функциональности в среде мобильного устройства требует некоторого учета их особенностей. HTML5 [7] облегчает создание приложений для мобильных устройств и относится к числу технологий, которые стимулируют развитие мобильных сервисов на основе облачных вычислений, предоставляя разработчикам следующие возможности:

- теги с описательными названиями, которые точно указывают, для содержания какого контента предназначены эти теги;
- усовершенствованные сетевые коммуникации;
- существенно улучшенное хранение данных;
- улучшенное извлечение хранящихся данных;
- повышенная скорость сохранения и загрузки страниц;
- поддержка CSS3 при управлении пользовательским интерфейсом, что обеспечивает контентную ориентированность HTML5;
- улучшенная обработка форм в браузере;
- API-интерфейс баз данных на основе SQL, позволяющий применять локальное хранилище на стороне клиента;
- теги `canvas` и `video`, позволяющие добавлять графические и видеоматериалы без установки сторонних подключаемых модулей;
- спецификация API-интерфейса Geolocation, включающая геолокационные возможности смартфонов в интересах задействования облачных сервисов и приложений для мобильных устройств;
- усовершенствованные формы, ослабляющие потребность в загрузке кода JavaScript, что обеспечивает более эффективную связь между мобильными устройствами и серверами cloud-среды.

Фактически HTML5 является синонимом непрерывных инноваций:

новые теги, новые методики и общая инфраструктура разработки, базирующаяся на взаимодействии новой разметки HTML5 с родственными технологиями CSS3 и JavaScript. В то время как HTML5-разметка остается каркасом мобильных гибридных приложений, разрабатываемых средствами фреймворка Apache Cordova, интеллектом, оживляющим большинство клиентских приложений (виджетов), является язык программирования JavaScript. Именно обновленный и усовершенствованный в настоящее время JavaScript стал тем языком, благодаря которому программисты могут предложить огромное количество новшеств и реализовать то, чего раньше попросту не существовало. Все это создает прочную основу для функционирования приложений, ориентированных на мобильных клиентов.

Технологии сохранения таких гибридных приложений включают как средства хранения локальных данных непосредственно на мобильном устройстве, так и средства доступа к данным на сервере. Сохранение данных в памяти мобильного устройства, например, в файле Cardova-приложения для Windows Phone (*.xap), стало возможным благодаря новой спецификации HTML5 – API Web Storage (веб-хранилище). Ориентируясь на особенности мобильных устройств, появление облачных вычислений и необходимость стандартизировать технологии и инновации, внедряемые в течение многих лет посредством встраиваемых модулей, разработчики HTML5 объединили в этой спецификации всю функциональность, позволяющую выполнять полноценные приложения на пользовательских компьютерах даже в отсутствие сетевого подключения. API Web Storage позволяет записывать наборы данных в память мобильного устройства и обращаться к ним так, как это делается в базах данных настольных приложений. Процессы сохранения и извлечения данных, поддерживаемые этим API, применимы в двух ситуациях: когда информация должна быть доступна только в течение работы приложения и когда ее необходимо сохранить надолго, до тех пор, пока пользователь сам не удалит ее.

При наличии в мобильном приложении данных значительного объема, они могут храниться на сервере, как и в случае обычных веб-приложений. Например, для них могут применяться различные модификации СУБД Microsoft SQL Server:

- Compact – простая СУБД в виде одной библиотеки;
- Express – бесплатная полнофункциональная СУБД;
- Web, Standard, Enterprise – расширенные редакции с дополнительными возможностями.

Следует отметить активную роль Microsoft в поддержке и развитии технологий создания гибридных приложений. Во-первых, в развитии стандарта HTML, работа над которым продолжается и окончательную версию 5.1 планируют утвердить к 2016 году. Во-вторых, Microsoft обеспечивает на мобильном устройстве реализацию HTML5 через браузер

Internet Explorer, функционал которого аналогичен настольной версии. Помимо поддержки спецификаций HTML5 в браузере, еще в начале 2011 года Microsoft обновила два своих продукта – Visual Studio и WebMatrix [8], включив туда удобные инструменты для гибридных приложений. В пакеты обновлений был включен тип документов HTML5, а в Visual Studio включен шаблон проекта Apache Cordova, имеющий возможность представить мобильный виджет для Windows Phone в виде приложения. Далее приводятся технологии Microsoft, предназначенные для создания как клиентской, так и серверной составляющей гибридных приложений. При этом серверная часть может быть веб-приложением или веб-сервисом.

WebMatrix – упрощенная среда создания мобильных и веб-приложений небольшой и средней сложности, принадлежит к классу систем управления контентом (Content Management System – CMS). Удобное средство создания гибридных мобильных приложений, которое с успехом применяют новички и профессионалы. Все функции этой среды направлены на то, чтобы сделать работу над проектом легкой и удобной. Она представляет собой конструктор, с помощью которого можно создавать и сопровождать проект (обновлять и добавлять материалы, заводить новые рубрики). В WebMatrix входят определённые готовые пункты, которые можно включить в сайт серверной части: новости, статьи, информация о фирме, контактные данные, прайс-лист и другие, которыми можно управлять в разделе администрирования сайта. WebMatrix предлагает разнообразные шаблоны для клиентской части, которые хорошо работают на мобильных устройствах. Они построены с учетом передового опыта для JQuery Mobile, HTML5 и CSS3. Среда JQuery Mobile, встроенная в WebMatrix и доступная редактору кода, является сенсорной средой создания веб-сайтов и мобильных приложений для популярных смартфонов и планшетов. При этом работу проекта можно тут же увидеть в эмуляторах мобильных устройств: Windows Phone, iPhone, iPad и т.п. С помощью готовых шаблонов, можно создать как клиентскую, так и серверную часть гибридного приложения в считанные минуты. Среда включает в себя компактную систему управления базами данных SQL Server Compact, которая полностью интегрируется с другими компонентами проекта. Если в мобильном приложении ожидается большое количество запросов, то можно с легкостью перенести свои данные на высокопроизводительную версию SQL Server. В состав среды входит функциональный редактор кода, редактор баз данных, система администрирования веб-сервера. Имеется система оптимизации для поисковых машин и многие другие функции. Таким образом, в одном удобном интерфейсе WebMatrix доступны все ключевые компоненты, необходимые для создания и развертывания гибридного приложения.

Visual Studio – полноценная среда для создания приложений любой сложности, более сложная, чем WebMatrix. Клиентская часть гибридного приложения может быть создана на основе шаблонов Apache Cordova или

шаблона мобильного приложения WindowsPhone, который отлично интегрируется с веб-сервисами WCF. Основная технология для создания серверной части гибридных мобильных приложений – это ASP.NET (Active Server Page). ASP.NET [9] поддерживает несколько различных подходов для программирования серверных сценариев: WebForms – традиционный подход создания веб-приложений; MVC – подход, построенный на разделении данных, логики и интерфейса приложений, требует большего написания кода, чем WebForms; WCF (Windows Communication Foundation) – подход, основанный на веб-службах для распределенных приложений.

Фреймворк MVC – "Модель-представление-контроллер" ("Model-view-controller") давно нашел применение в программировании. Этот фреймворк зарекомендовал себя как удачная архитектура программного обеспечения. На данный момент MVC реализован в том или ином виде для большинства языков программирования. MVC – это представление приложения, которое отделяет логическую часть от визуальной.

Модель (model) представляет собой структуру данных, набор классов, описывающих предметную область. Обычно модельные классы содержат функционал, помогающий извлекать, вставлять и обновлять информацию в базе данных.

Вид (view) – содержит HTML-разметку и контент, отправляемый в браузер. Это пользовательский интерфейс приложения.

Контроллер (controller) – набор классов, которые содержат бизнес-логику приложения, отвечая за то, что будет выдано пользователю при его запросе. Обеспечивает связь между пользователем и системой, обычно связь между View и Model.

В MVC4 мобильным устройствам уделяется большое внимание. В ASP.NET MVC 4 для мобильных устройств появились:

- шаблон проекта, рассчитанный только на мобильные браузеры;
- методика адаптивного рендеринга;
- возможность устанавливать компоненты: jQuery Mobile.

Адаптивный рендеринг (adaptive rendering) – это процесс отображения страницы по-разному, в зависимости от возможностей целевого мобильного устройства, позволяет изменять стиль контента как угодно в зависимости от возможностей устройства. jQuery Mobile – библиотека с открытым исходным кодом, позволяющая создавать пользовательский интерфейс для мобильных устройств на основе JavaScript.

WCF – платформа корпорации Майкрософт нового поколения для построения безопасных распределенных интернет-систем. Предоставляет гибридным приложениям доступ к базам данных и другие функциональные возможности серверной части, которые вызываются мобильным клиентом без браузера.

Web Forms, MVC и WCF могут великолепно сосуществовать в пределах

одного и того же гибридного приложения. По мнению специалистов Microsoft, для создания мобильных программ лучше подходит ASP.NET MVC, чем ASP.NET WebForms. Причинами проблемы с веб-формами ASP.NET для мобильных устройств является то, что в среде их разработки не всегда имеется полный контроль над HTML. Контроль может быть усилен с помощью адаптеров элементов управления, что приведет к дополнительной работе по адаптации страниц к небольшим мобильным экранам и увеличит время загрузки.

Современные проекты гибридных мобильных приложений могут устанавливать связь между мобильными устройствами и серверами cloud-среды (облаками). Для разработчиков iOS, Windows Phone, Android и мобильных HTML5-приложений Microsoft предлагает использовать мобильный сервис Windows Azure Mobile Services [10]. Мобильные разработчики, применяющие Windows Azure Mobile Services, получают единую инфраструктуру для всех своих мобильных приложений, содержащую:

- реляционное хранилище табличных данных и файлов;
- готовую настроенную платформу для создания и запуска серверного кода на базе JavaScript и Node.js (а вскоре и на базе .NET). Платформа позволяет писать скрипты для обработки событий таблиц реляционного хранилища (вставку данных, удаление, чтения и обновления данных).

Работа со всеми элементами Windows Azure Mobile Services возможна посредством функций открытого и документированного API, что делает применение ее платформ весьма удобным.

На основе рассмотренных технологий авторы создали учебный курс [11] (по договору с ООО "ИНТУИТ.РУ" в рамках конкурса "Разработка приложений для платформы Microsoft: Windows 8, Windows Phone, Windows Azure"). Использование этого курса в процессе обучения программистов позволит готовить специалистов, способных решать различные сложные аналитические задачи, в том числе для таких современных направлений, как Data Mining и Business Intelligence.

Литература

1. Фиртман М. Веб-программирование для мобильных устройств. — ООО "Рид Групп", 2012
2. Шейн Ч. Разработка гибридных веб-приложений, способных использовать аппаратные средства мобильных устройств. // журнал MSDN Magazine, март 2012, URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/hh852592.aspx>
3. Открытое программное обеспечение Apache Cordova. / URL: <http://cordova.apache.org/>
4. URL:<http://www.icenium.com/cordova-phongap-mobile-app-development/sample-apps>
5. URL:<http://phonejs.devexpress.com>
6. Колин Э. Разработка HTML5-приложений Windows Phone с применением Apache Cordova. // журнал MSDN Magazine, май 2012, URL:<http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/hh975345.aspx>
7. Сухов К. HTML5 — путеводитель по технологии. — ДМК Пресс, 2013
8. Кларк С. Введение в WebMatrix. .. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/gg983489.aspx>

9. Веб-сайты ASP.NET для мобильных устройств. .. URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms178619.aspx>
10. Облачный бэкенд как сервис для Windows, Ios, Windows Phone, Android и мобильных HTML5-приложений. // URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/dn271646.aspx>
11. Самойлова Т.А., Разработка гибридных приложений для мобильных устройств под Windows Phone/ // URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/12574/1187/info>

Комаров А.И.¹, Панченко В.М.², Нечаев В.В.³

¹ Московский государственный технический университет радиотехники электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), асп. кафедры “Интеллектуальные технологии и системы”, komarov-aig@yandex.ru

² Московский государственный технический университет радиотехники электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), к.т.н., проф. кафедры “Интеллектуальные технологии и системы”, pvm36@yandex.ru

³ Московский государственный технический университет радиотехники электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), д.ф.-м.н, проф., зав. каф. “Интеллектуальные технологии и системы”, nechaev@mirea.ru

Роль системы данных и знаний в обеспечении ИТ-образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Архитектура образовательной системы, технологии программ единичных экспериментов, SCORM, технологией разделяемых единиц контента, полиэкранная технология деятельности, база данных и знаний.

АННОТАЦИЯ

В статье определяется комплекс методического и технологического обеспечения ИТ-образования, на базисе которого определяется система данных и знаний об образовательном процессе обучаемого. Приводится пример системы данных и знаний, формируемый в рамках проведения занятий по дисциплинам «Общая теория систем», «Теория принятия решений» на кафедре ИТС МГТУ МИРЭА.

Системный подход к реализации обучения с применением информационных технологий, как в дистанционной, так и традиционной форме, заключается в комплексном применении ряда образовательных технологий и средств на каждом из этапов этого процесса.

На рис.1 приведена общепринятая архитектура образовательной системы (Learning Technology Systems Architecture LTSA), которая описывается в зарубежном стандарте P1484.1-2003 IEEE Standard for Learning Technology [1,2]. На ней выделены в описателях составляющих архитектуры проблемы, решение которых зависит от принятых технологий обработки материалов контента, протоколов обработки и технологий реализации программ единичных экспериментов (ТПЕЭ).

Стоит отметить, что в настоящее время (по данным сайта Ассоциации по стандартизации IEEE) стандарт P.1484.1 является более не поддерживаемым и может содержать устаревшую информацию [3]. Между тем стандарта, замещающего стандарт 1484.1, не существует, а на сайте

интернет-магазина Федерального государственного унитарного предприятия «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия» ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» Росстандарта данный стандарт отмечен, как действующий.

Схема шестиуровневой архитектуры стандарта LTSA является в определённой степени парадигмальной (общепринятой) «меткой» универсума (моделью), характеризующей комплексы процессов выделения хранилищ и прецедентов системы образования, построенной на информационных технологиях. Ссылки на архитектуру встречаются во многих печатных изданиях, анализ литературы приведен в [2].

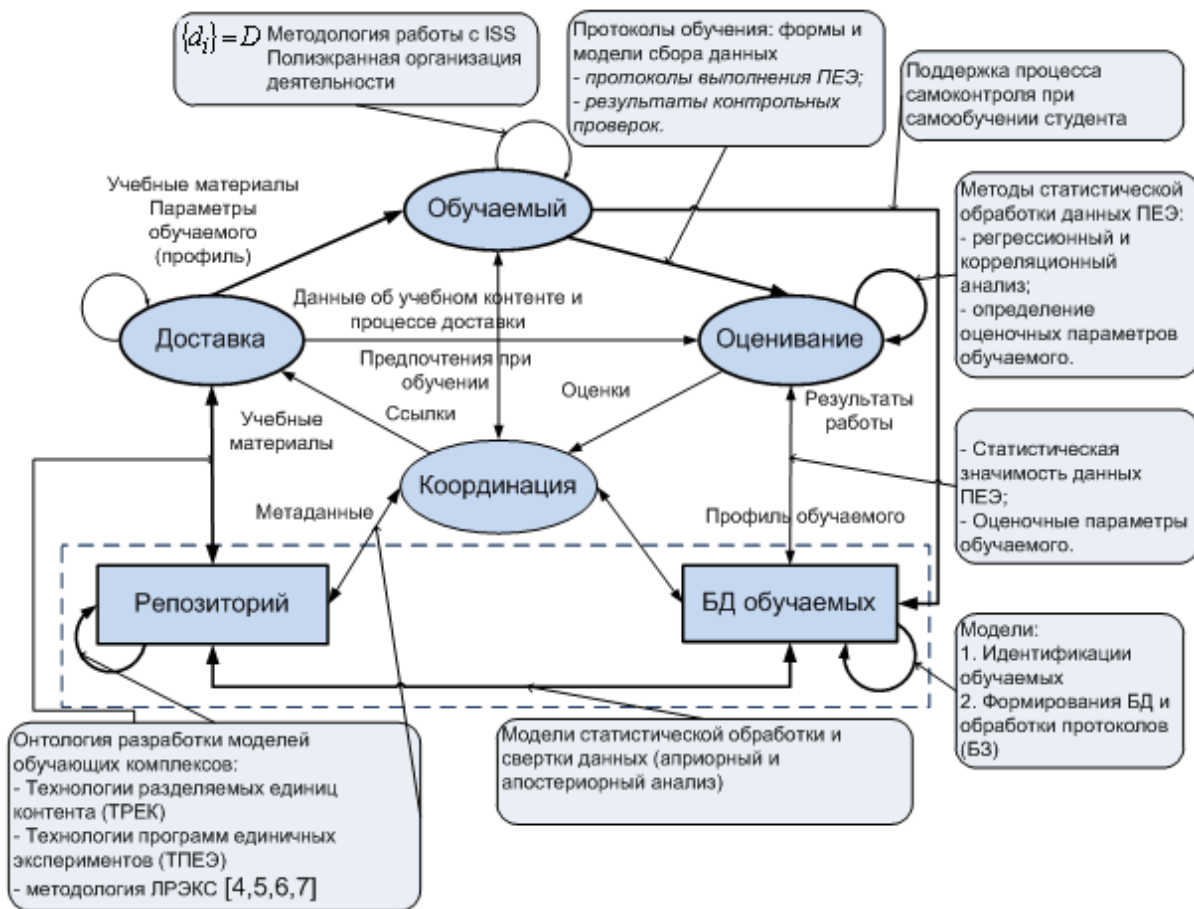


Рис.1. Архитектура образовательной системы (3-ий уровень) с выделенным комплексом взаимосвязанных и технологий организации и поддержки учебной деятельности (ТРЕК, ТПЕЭ, полиэкранная организация деятельности (ТПОДО))

Анализируя процесс развития информационных образовательных технологий, в том числе мировых стандартов образования [2], можно заключить, что одним из ключевых направлений является формирование единой базы данных и знаний об обучаемых, их образовательных траекторий. А как задача максимум, которая озвучивается не в явном виде, это четкое понимание какие данные накапливать, как их анализировать и, что делать с результатами анализа (виды отчетных форм).

Распространение Массовых открытых онлайн курсов (MOOC; Coursera, EdX, Udacity, Khan Academy, и др.) во многом решает проблему доступности и разнообразия выбора курсов, а также обеспечивает накопление, правда зачастую не системное, значительных массивов данных об образовательной деятельности на различных курсах.

Разнообразие курсов, вариантов представления учебных материалов и их повторного использования в образовательной среде, должно решаться использованием соответствующих стандартов. Как например, сборник спецификаций и стандартов Sharable Content Object Reference Model (SCORM) [4], который служит основой для создания дистанционных курсов. Таким образом, большинство современных систем управления обучением поддерживает применение технологии SCORM. Стоит отметить российскую разработку в части представления учебных материалов — База и Генератор Образовательных Ресурсов (БиГОР), созданная в соответствии с технологией разделяемых единиц контента (ТРЕК), основанной на онтологическом подходе [5,6].

Отсутствие универсальных решений по созданию учебных материалов объективно связано с онтологическим многообразием и сложностью предметных областей знаний и деятельности. В определённой степени, можно компенсировать решение этой проблемы выработкой основных рекомендаций по формированию учебных модулей: в части содержания — в соответствии с основами рационально-эмпирического комплекса систем (РЭКС); в части представления — применением технологии разделяемых единиц контента (ТРЕК), а также агрегацией данных затрат времени, определяемых в ходе индивидуального или группового использования составляющих контента. Таким образом, формируется комплекс четырех технологий, а именно, РЭКС, ТРЕК, технология программ единичных экспериментов (ТПЕЭ) и технология полиэкранной организации познавательной деятельности обучаемого (ТПОПДО).

Выпуск в апреле 2013 года спецификации «Experience API» (xAPI), которая является развитием SCORM, включает новые объекты, в том числе Learning Record Store (LRS) [7], чем подтверждается центральное место «Обучаемого» в образовательных системах. Отслеживание его образовательной активности на протяжении всего времени обучения (неограниченного одним курсом или видом деятельности); последовательное хранение (базы данных) и анализ собранных сведений (базы знаний) играют первостепенную роль при реализации ИТ-образования с высокой степенью интерактивности и повышении эффективности познавательного процесса в целом.

Таким образом, авторами был определен порядок учета и состав ретроспективных (априорных), текущих (апостериорных) и экспертных данных, подлежащих регистрации при прохождении обучения и обработке данных наблюдений.

В рамках проведения занятий по дисциплинам «Общая теория систем», «Теория принятия решений» на кафедре «Интеллектуальных технологий и систем» в МГТУ МИРЭА осуществлялся сбор соответствующих данных по различным лабораторным работам. В перечень данных были включены следующие позиции: данные зачетных книжек, данные о посещении занятий, данные о выполнении контрольных заданий, квалиметрические данные обучаемых по заданным и простейшим видам деятельности, общие временные затраты на выполнение лабораторных работ.

Была проведена предварительная обработка данных и расчет различных показателей обучаемых, как в абсолютных, так и в относительных величинах исследуемых параметров. Получены средневзвешенные оценки студентов (учитываемые при принятии решения на экзамене), исходя из оценок за предметы, учёта посещения занятий и выполнения заданий СРС, сформированы рейтинги обучаемых. Механизм расчета был реализован с помощью электронных таблиц Excel, который формировали сами учащиеся, получая в итоге индивидуальные параметры, характеризующие их познавательную образовательную деятельность.

На рис. 2 приведена общая схема идентификации обучаемого по ретроспективным, текущим и экспертным данным.

Возможность вести специальные базы данных (БД) и базы знаний (БЗ) необходима для постановки и решения новых задач двойственной кластеризации: учебных модулей по времени их освоения, формирование кластеров обучаемых по выделенным кластерам типовых учебных модулей.

Дальнейшие исследования в этом направлении направлены на формулирование и решение системы новых задач косвенного анализа параметров освоения модулей учебного процесса по данным затрат времени, что обеспечивается при формировании соответствующих протоколов единичных экспериментов.

«Модуль» выступает в качестве единицы учебной познавательной деятельности и как многофакторный объект наблюдений.

Модуль представляется как система, которая может содержать однородные комплексные формы представления семантической информации [8]: текстовую (t — форма), аудиальную (s — форма: речь, звуки), визуальную (g — форма: мимика, жесты, пластика), графическую изобразительную (c — форма: рисунки, таблицы, фотографии).

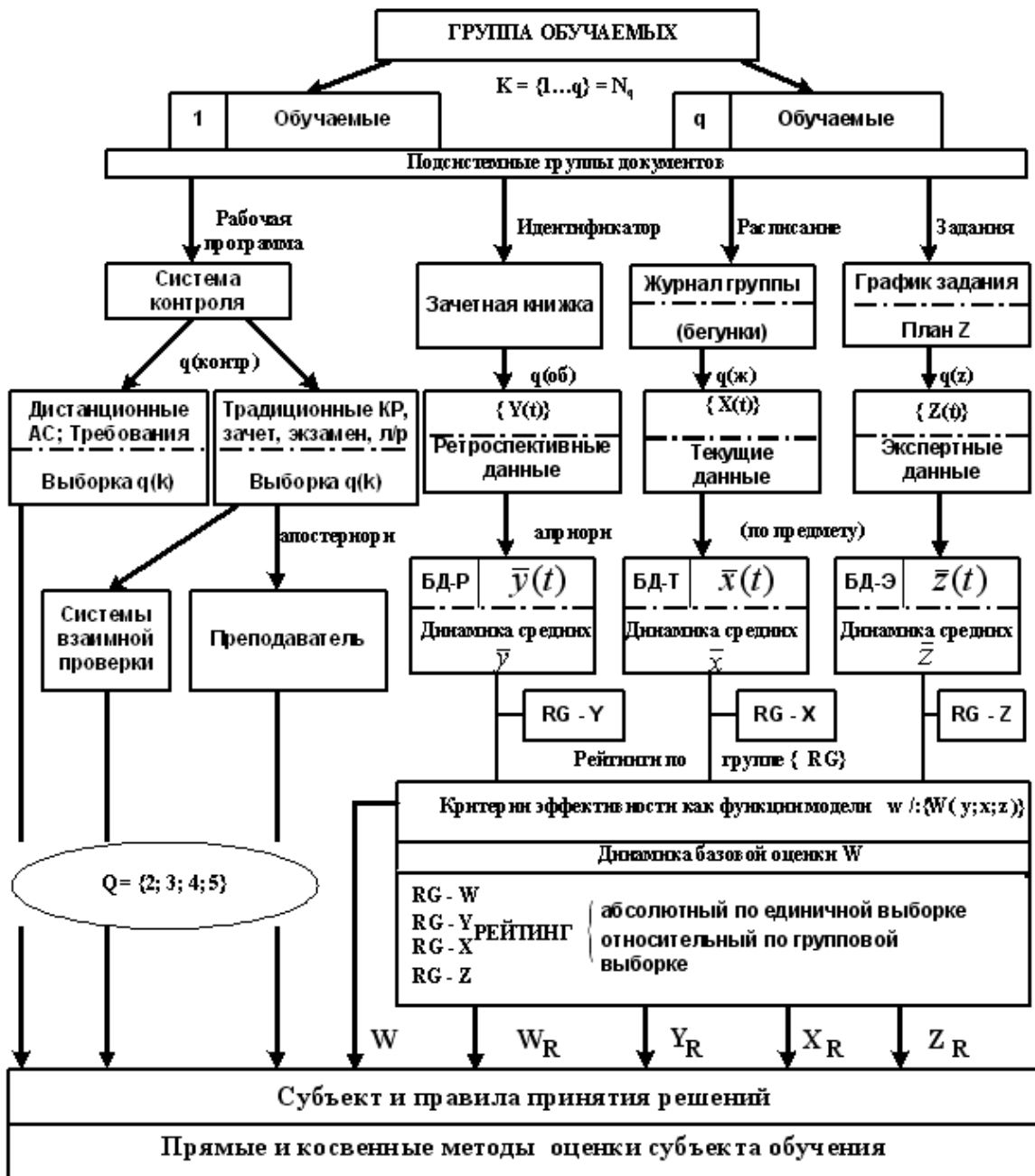


Рис.2. Идентификация Обучаемого по ретроспективным, текущим и экспертным данным

Аналогом формального описания модуля может служить комплексный кортеж, элементами которого являются принятые символы алфавита $\{t; s; g; C\}$. Если формальное описание модуля сравнивалось с обычным предложением из слов, то получается формальное предложение, ассоциативно разделяемое скобками, в которых выделяются подмножества кортежей — слов из заданного алфавита из множества однородных форм. Например, структура модуля M :

$$StrM \Leftrightarrow (t; C; (S; C; t); g; t; (t; t; t) \dots), \quad (1)$$

где кортеж (1) определяет последовательность информации в виде: (текст; графика; (речь, таблица, текст); визуализация; снова текст; (текст; текст;

текст)...). Здесь $StrM$ (структура модуля) определяет заданной последовательностью модель представления информационного потока, воздействующего на обучаемого в реальном времени контакта (1), которое в свою очередь определяется затратами на освоение материала конкретным обучаемым.

Для различных видов программируемой деятельности, организованной по технологии ТРЕК [5], схему процессов в системе отношений «модуль — обучаемый» можно представить в виде рис.3.

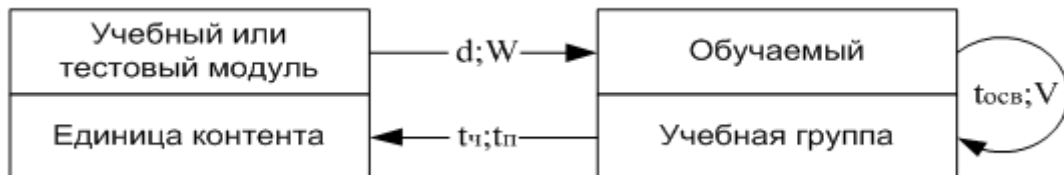


Рис. 3. Параметры и переменные системы наблюдений типа «модуль — обучаемый»

На рис.3 имеем:

$d \in D$ — класс задаваемых действий обучаемому, определяющих его деятельность с элементами модуля « M »;

W — объёмы предъявляемой в элементах информации (текстов, графиков, мультимедийных компонент...);

$t_ч, t_n, t_{осв}$ — оценки затрат времени на выполнение заданной деятельности, на чтение $t_ч$, на переписывание (возможно печатание) заданных фрагментов t_n , на процессы обдумывания и осознания семантической информации $t_{осв}$;

V — объём составляемого конспекта (вторичный документ);

$V = 0,2W$;

T — общие затраты на процесс: $T = t_ч + t_n + t_{осв}$, т.е. на чтение, запись и осознание (освоение) семантики контента « M ».

Из исследований по инженерной психологии известно: скорость чтения $a = \frac{W}{t} \in (15 \div 40 \text{ букв / сек})$; скорость письма $b = \frac{V}{t} \in (1,5 \div 4,0 \text{ букв / сек})$; $b \approx 0,1a$.

Указанные значения подтверждаются исследованиями, проведенными в рамках занятий на кафедре ИТС МГТУ МИРЭА, и кроме того позволяют говорить о значительном различии данных обучаемых даже по простейшим видам деятельности.

Различение модулей по структурным факторам в общем случае приводит задачу распознавания к задаче межмодульного сравнения по затратам времени освоения материала, т.е. к поиску математических факторов, непосредственно не связанных с интерпретацией семантики составляющих модуль элементарных частей.

Для формирования организованного обучения в условиях нечеткой делимости факторов, влияющих на время, затрачиваемое обучаемым, представляется необходимым, как упоминалось ранее, применение технологии разделяемых единиц контента (ТРЕК) и формирование

соответствующих ТРЕК программ единичных экспериментов (ТПЕЭ).

Оценивание деятельности обучаемых должно проводиться с помощью средств регрессионного и корреляционного анализа, а также средств статистической теории распознавания классов для двух направлений исследований:

1. по типам модулей и по отношению их к классам обучаемых;
2. по классам обучаемых и по отношению их к типам модулей.

Под единичным экспериментом в обучении понимается учебно-познавательный вид самостоятельной деятельности, организованный на основе ТРЕК и реализуемый по заданной учебной программе испытаний.

Схема общей постановки учебного процесса на основе ТПЕЭ, приведённая на рис.4, в определённой степени предопределяет ряды временных интервалов, а, следовательно, и круг вытекающих из них доступных для исследования классов задач идентификации параметров обучаемых и задач двойственной кластеризации и распознавания образов.

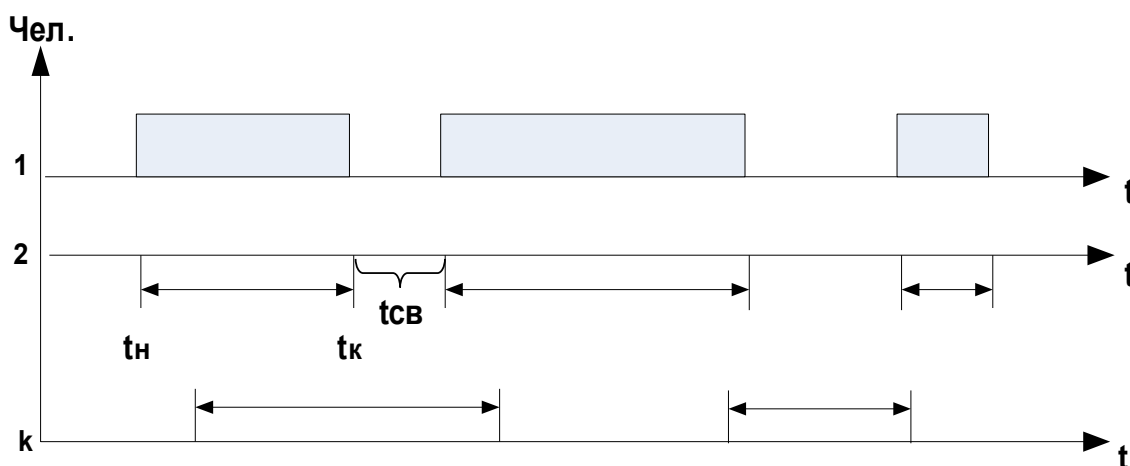


Рис.4. Схема протекания учебного процесса в модульно-кадровом пространстве электронных форм обучения

Эксперимент в данном случае всегда связан с измерением времени и анализом получаемых данных в зависимости от среды и форм представления информации. Пусть \mathbf{D} — комплексная форма представления семантической информации (\mathbf{SI}). В общем случае это может быть книга, отдельные главы, параграфы, фрагменты и порции учебного материала; \mathbf{CD} — однородные формы представления \mathbf{SI} . Соломатиным Н.М. были выделены следующие однородные формы \mathbf{SI} :

$$N1 = (T; S; G; C) ,$$

где \mathbf{T} — текстовая информация (t — форма); $t \in T$; \mathbf{S} — звуковая форма (аудиальная) (s — форма); $s \in S$; \mathbf{G} — визуальная форма (g — форма) — жесты, мимика, пластика; $g \in G$; \mathbf{C} — изобразительная, графическая форма (c — форма); $c \in C$.

Комплексные формы **D** представляют собой различные сочетания однородных форм **CD**, связанных общей целью обучения. Формально комплексные формы можно задать на прямом произведении ряда однородных форм:

Текстовая форма информации — это основа семантического определения составляющих знаковых систем. Знаковые системы являются свёрткой (соглашениями, абстракцией) семантики текстовых форм информации.

Чтение, переписывание, набор текста на клавиатуре, конспектирование являются основными операциями познавательной деятельности обучаемого.

В качестве средства организации программно-управляемого процесса самостоятельного и программированного освоения авторских информационных материалов репозитория (электронных библиотек) в настоящее время используются понятия «модуль» (M1, M2,...) и его составляющие, представленные в форме просмотрных последовательностей кадров (страниц), например: M1(K1...K13) и M2(K1...K11).

Для каждого кадра модуля по методике ТПЕЭ определяются формы учебного задания, например, из следующего ряда:

- изучить (прочитать (действие **D1**), выделить ключевые понятия, законспектировать (переписать) (действие **D2**), набрать текст (**D3**);
- составить конспект (методические указания **У1**): заголовки и нумерацию порций перепечатывать в качестве заголовков электронного конспекта и использовать данные при определении скорости набора текста;
- конспектировать рисунки и таблицы в электронную тетрадь в личную папку студента (ЛПС) (**У2**).

Комплекс технологий и средств обучения, используемый при решении задач авторского исследования, и обеспечивающий формирование баз данных и знаний, предназначенных для эффективного управления процессом обучения за счет повышения уровня интерактивности, приведен в табл.1.

Таблица 1. Задачи исследования. Особенности решения

№	Направление/ задача исследования	Особенности. Предпосылки к решению. Применяемые технологии и средства
1	Реализация принципа новых задач	1. Миллионы пользователей и десятки миллионов заданий, выполняемых в режиме реального времени при обучении в условиях МООС, требуют применения новых массовых методических решений для обеспечения эффективности и качества интерактивной сетевой организации учебного процесса;

		2. Огромные массивы данных обо всем жизненном цикле обучения, накапливаемые в LRS, требуют применения статистических механизмов оценки (то, что раньше было невозможно собрать, теперь храниться в базах данных)
2	Разработка модели профиля обучаемого на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации.	1. Обучение студента возможно рассмотреть, как реализацию проекта с отслеживанием основных этапов получения знаний, выявляя индивидуальные и групповые особенности; 2. Формирование профиля обучаемого, включая базовые оценки, коэффициенты доверия по посещению, по ответам на вопросы, базовые квалиметрические данные (чтение, письмо, печатание) [9]; 3. Разработан рабочий макет информационной карты студента [8, с.30].
3	Формирование учебных модулей	1. Предложена методология формирования моделей модулей (информационных и учебных) на базе многоуровневой идентификации Рационально-эмпирических комплексов систем (РЭКС) [9]; 2. Применение ТРЕК при подготовке материалов курса на базе Бигор, или SCORM в зарубежных МООС.
4	Применение технологии программ единичных экспериментов (ПЕЭ) в учебном процессе [2,11]	1. Представление обучаемого, как одноканальной системы массового обслуживания с поступающими на вход учебными модулями согласно программе обучения (траектории обучения) с обязательным отслеживанием времени работы с каждым модулем, с учетом вида деятельности ; 2. Проведен ряд экспериментов по сбору данных ПЕЭ в рамках обучения дисциплинам «Общая теория систем» и «Теория принятия решений». Получены исходные данные по квалиметрии студентов при чтении, письме и печатании по задачам учебных модулей; 3. Разработан учебный инструмент для проведения и сбора данных ПЕЭ (в среде Excel, VBA) по базовым видам деятельности
5	Обработка данных ПЕЭ и других данных студента	1. Создан инструмент статистической обработки данных ПЕЭ (регрессионно-корреляционный анализ), реализующий также на основе масочной технологии [11] обучающий эффект (в среде Excel, VBA); 2. Разработана форма учета и обработки данных о базовой оценке и коэффициентах доверия, также с применением масочной технологии (в среде Excel, VBA)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация систематического накопления ретроспективных, текущих и экспертных данных о ходе процесса обучения, в том числе на базе МООС, открывает ряд новых задач для исследования вероятностных и возможностных составляющих процесса обучения. Перспектива развития в области обработки данных об обучении заключается в реализации программно-математического инструмента, повышающего интерактивность образовательного процесса для обучаемого, за счет идентификации его состояния во множестве уже накопленных отношений «Обучаемые-Учебные материалы».

Литература

1. IEEE P1484.1/D9, 2001-11-30. Draft Standard for Learning Technology Systems Architecture (LTSA). — <http://ltsc.ieee.org/wgl/index.html>.
2. Комаров А.И., Панченко В.М. Информационный базис формирования систем открытого образования. Научный и общественно-информационный журнал «Информационные и телекоммуникационные технологии», 2013 г. №20, с. 66-74
3. Официальный сайт IEEE Standards Association Ассоциации по стандартизации <http://standards.ieee.org/W3C Markup Validation Service>. URL: <http://validator.w3.org/>.
4. Официальная документация ADL SCORM 1.2 <http://www.adlnet.gov/scorm/scorm-version-1-2/>
5. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 352с.
6. Официальный сайт автоматизированной обучающей системы БиГОР <http://bigor.bmstu.ru/>
7. Спецификация программ в сфере дистанционного обучения. Официальный сайт <http://tincanapi.com>
8. Соломатин Н.М. Информационные семантические системы. — М.: Высшая школа, 1989. — 127с.
9. Нечаев В.В., Панченко В.М., Комаров А.И. «Межпредметный системообразующий базис организации процесса подготовки специалистов по научным направлениям» Научно-практический журнал «Открытое образование», 2012 г. №5
10. Нечаев В. В., Панченко В.М., Комаров А.И. «Критерии и функциональный анализ моделей мониторинга качества обучения» Труды Всероссийской НПК с международным участием «Информационные технологии в обеспечении нового качества высшего образования (14-15 апреля 2010 г., Москва, НИТУ «МИСиС»». — М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов НИТУ «МИСиС», 2010. — 34 с.
11. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. — М.: Радио и Связь, 1990. — 540с.
12. Нечаев В. В., Панченко В.М., Комаров А.И. Методическое обеспечение ИТ-образования в вузе: от технологии подготовки учебных материалов к организации индивидуальной учебной деятельности обучаемого. Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник трудов VII МНПК. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. — М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. — 1050с.

Овчинникова И.Г.¹, Курзаева Л.В.², Захарова Т.В.³

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, д.п.н., профессор кафедры прикладной информатики, igo55@mail.ru

² Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, к.п.н., доцент кафедры прикладной информатики, lkurzaeva@mail.ru

³ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, ведущий инженер отдела планирования образовательного процесса

Разработка модульных образовательных программ на примере направления подготовки 230700.62 Прикладная информатика

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Компетентностный подход, модульный подход, учебный план.

АННОТАЦИЯ

В статье описаны некоторые технологические особенности и этапы разработки учебных планов подготовки ИТ-специалистов с использованием модульно-компетентностного подхода на примере направления подготовки 230700.62 Прикладная информатика.

Компетентностная методология, заложенная в стандартах третьего поколения ФГОС ВПО, позволила обеспечить большую гибкость и адаптивность в управлении процессом профессиональной подготовки. Характер ФГОС ВПО задает новую логику управления качеством профессиональной подготовкой (1).

Во-первых, это связано с переходом от минимума содержания к минимуму результатов обучения, выраженных в компетентностном формате.

В ГОС ВПО первого и второго поколения основой проектирования ООП выступало содержание образования (изначально был задан перечень дисциплин федерального компонента и соответствующие дидактические единицы).

В требованиях ФГОС ВПО впервые заданы требования не к обязательному минимуму содержания образования (дидактические единицы), а к результатам освоения ООП, выраженных на языке компетенций.

Таким образом, смещен акцент при проектировании ООП с содержания образования (входные параметры ООП) на результаты обучения и компетенции (выходные параметры ООП).

Во-вторых, в ФГОС ВПО впервые введена логика разработки минимума результатов.

Работа с компетенциями как новой «основой» проектирования содержания ООП требует однозначного понимания: каков состав основных видов профессиональной деятельности, компетенций и в соответствии с профилизацией результатов обучения (знать, уметь, владеть). Такое определение результатов обучения через компетенции позволяет разработать более точную и диагностически выверенную систему измерителей уровня профессиональной компетентности будущего специалиста на всех этапах его подготовки.

В-третьих, введение обязательных и вариативных блоков дисциплин обеспечивает гибкую возможность задания профилей в рамках направлений подготовки.

В-четвертых, заложены возможности построения на основе стандартов модульных образовательных программ.

В российских вузах за десятилетия накоплен опыт по разработке основных образовательных программ (ООП) содержательного подхода, который тесно связан с дисциплинарным подходом построения ООП. В рамках дисциплины выделялись дидактические единицы (ДЕ) обязательные для содержания курса. Основной задачей преподавателя в рамках такого подхода являлось обязательное изложение выделенных ДЕ.

С переходом к компетентностному подходу должна была бы поменяться концепция построения как разработки ООП, так и реализации образовательного процесса. Однако в большинстве вузов менялись только образовательные стандарты, перенос акцентов на результаты обучения при этом не произошел. Это объяснимо, поскольку изменение менталитета преподавателей, который формировался годами, длительный процесс.

Как правило, в вузах даже не задумываются о том, что переход к системе обучения с переносом акцента на его результаты требует, по крайней мере, применения их квалиметрии и реализовать такой процесс обучения в рамках дисциплинарного подхода практически невозможно. Необходим переход от дисциплинарного к модульному подходу построения ООП. Именно поэтому в новом Законе об образовании РФ, который вводится в действие с 1 сентября 2013 года, провозглашен модульный подход как основной для планирования и реализации образовательного процесса.

Таким образом, переход к модульному построению образовательных программ крайне важен. Осуществить этот переход можно двумя путями: разработать новые ООП, изначально проектируя их с позиций модульного подхода, либо адаптировать наработанный опыт в виде существующих ООП к требованиям модульного подхода.

Систему обучения, заложенную в стандартах ФГОС ВПО, логично именовать кредитно-модульно-компетентностной, т. к. три ее основных элемента — кредиты, модули и компетенции выступают как тесно взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга компоненты единого целого. При этом как система кредитов, так и введение модульно-

компетентностного обучения побуждают внести изменения в организацию учебного процесса по линии отношений между студентом, преподавателем и вузом. Если в традиционной системе обучения главной являлась связь «Госстандарт — учебный план — дисциплина — студент», то в новой системе модуль становится одной из важнейших единиц, регулирующих и программу обучения, и деятельность преподавателей, и сам процесс обучения студентом, и оценку его знаний вплоть до получения соответствующей квалификации.

Компетенция, рассматривается в ФГОС ВПО, как способность применять знания, умения, личностные качества и практический опыт для успешной деятельности в определённой области.

Профессиональная компетенция понимается, соответственно, как компетенция, необходимая для реализации профессиональной деятельности, т.е. готовность личности осуществлять деятельность в ИТ-области, осваивать новое содержание этой предметной области, формы и способы совершенствования своей деятельности в ней на основе интеграции приобретенных и непрерывно развиваемых знаний, умений, отношений, опыта.

Структурно компетенция представляется как интеграция трех компонентов:

1. Знаний — результата усвоения в процессе подготовки или обучения совокупности фактов, принципов, теории и практики, связанных с определенной областью деятельности.

2. Умений — освоенного способа выполнения действия, обеспечиваемого совокупностью приобретенных знаний. Умение выражается в способности осознанно применить знания на практике.

3. Владений — освоенных технологий и методов профессиональной деятельности (технологическая составляющая).

Сформированность первого компонента у студента предполагает наличие у него способности в дальнейшем воспринимать, понимать, видеть возникающие проблемы и задачи в ИТ-сфере и смежных с ней областях деятельности, мыслить категориями ситуации, процесса. Развитие второго компонента у будущего ИТ-специалиста предполагает способность ориентироваться, принимать решения и действовать в соответствии с принятым решением в типовых, а также в нестандартных ситуациях. Развитие третьего компонента закладывает основу для постоянного профессионального и личностного самосовершенствования, самореализации будущего ИТ-специалиста.

На сегодняшний день нет единой трактовки понятия «модуль».

В рамках данной методики модуль — это законченная единица образовательной программы, формирующая одну или несколько определенных профессиональных компетенций, сопровождаемая контролем знаний, умений и владений на выходе. Соответственно, модульная образовательная программа — это совокупность и

последовательность модулей, направленная на овладение определенными компетенциями, необходимыми для присвоения квалификации.

При изучении студентами модулей за каждый из них должно начисляться определенное количество кредитов (зачетных единиц), выступающих в качестве меры трудоемкости учебной работы и выражающей совокупность всех составляющих учебного процесса. При начислении кредитов за модуль в трудоемкость засчитываются: аудиторная нагрузка, самостоятельная работа студента, курсовые работы, подготовка и сдача зачетов и экзаменов, а также — практики, научно-исследовательская работа студента, написание выпускной квалификационной работы и т.п. (2, с. 28-29).

Модуль должен иметь отдельное методическое сопровождение, обеспечивающее целостность образовательного процесса на уровне модуля и всей образовательной программы в целом. Как часть образовательного процесса модуль в рамках ФГОС ВПО включает в себя совокупность дисциплин, практик, НИР.

Для каждого модуля разрабатывается спецификация, под которой понимается нормативный документ, содержащий:

- название модуля;
- цель;
- задачи;
- формируемые компетенции;
- требования к входным результатам обучающегося;
- описание ожидаемых результатов обучения;
- механизм достижения обозначенных результатов и их оценки (критерии, формы и методы оценивания);
- требования к ресурсному обеспечению модуля.

Модули в рамках методики подразделяются на: основные, поддерживающие, специализированные и модули переносимых навыков. Такой подход соотносится с пониманием модульных технологий в европейской системе образования и результатами проекта TUNING, где выделяется пять типов модулей:

- основные (модули, формирующие профессиональные компетенции выпускника);
- поддерживающие (модули, дополняющие основные модули в той степени, которая позволяет сделать ясными результаты);
- организационные и коммуникационные (модули изучения иностранных языков, формирующие навыки работы в группах, деловой переписки и т.д.);
- специализированные (необязательные модули, расширяющие и углубляющие компетенции в избранной профессиональной области; из них студент может выбрать одну или несколько областей для получения более глубоких знаний);

- переносимые (отражаемые в образовательной программе модули различного вида практик, курсового и дипломного проектирования, выпускных работ, стажировок и т.п.).

Такой подход приводит нас к пониманию модуля как совокупности дисциплин и всех сопровождающих организационно-методических компонентов обеспечивающих те или иные компетенции обучаемого (2).

Разные модули могут иметь различное число кредитов (но кратное трем кредитам), которые начисляются после освоения всего модуля. Если модуль имеет протяженный характер и его освоение продолжается несколько семестров, то содержание «сквозной» дисциплины модуля делится на модульные единицы. Под модульной единицей понимается автономный учебный материал, представленный в рабочей программе модуля продолжительностью не более одного семестра, который используется для самообучения или обучения под руководством преподавателя и, как правило, заканчивается формированием раздела «портфолио» (3).

Для структурированного описания профессиональной деятельности выпускников введено понятие «карта деятельности специалиста ИТ-отрасли».

Одним из основных документов ООП является карта деятельности специалиста ИТ-отрасли, которая содержит требования к результатам обучения в виде компетенций и служит основой построения модульной ООП.

Заполнение карты деятельности специалиста ИТ-отрасли, на наш взгляд, необходимо выполнять поэтапно.

На первом этапе она заполняется разработчиками модульной ООП при активном участии преподавателей выпускающей кафедры.

Таблица 1. Карта деятельности специалиста в ИТ-отрасли

Вид профессиональной деятельности	Профессиональные задачи	Профессиональные компетенции		
		ПК-1	...	ПК-N
Проектная деятельность	Проведение обследования прикладной области в соответствии с профилем подготовки.			
	Моделирование прикладных и информационных процессов.			
	Формирование требований к информатизации и автоматизации прикладных процессов.			
	Технико-экономическое обоснование проектных решений, составление технических заданий на автоматизацию и информатизацию решения прикладных задач, техническое проектирование ИС в соответствии со спецификой профиля подготовки.			
	Программирование, тестирование и документирование приложений.			
	Аттестация и верификация ИС.			

Производственно-технологическая деятельность	Автоматизированное решение прикладных задач операционного и аналитического характера.			
	Информационное обеспечение прикладных процессов.			
	Внедрение, адаптация, настройка и интеграция проектных решений по созданию ИС.			
	Сопровождение и эксплуатация ИС.			
Организационно-управленческая деятельность	Участие в организации и управлении информационными процессами, ресурсами, системами, сервисами.			
	Использование функциональных и технологических стандартов.			
	Обучение и консультирование пользователей в процессе эксплуатации ИС.			
	Участие в переговорах с заказчиком.			
Аналитическая деятельность	Презентация проектов.			
	Анализ прикладных процессов, разработка вариантов автоматизированного решения прикладных задач.			
	Анализ и выбор методов и средств автоматизации и информатизации прикладных процессов на основе современных информационно-коммуникационных технологий.			
Научно-исследовательская деятельность	Оценка затрат и надежности проектных решений.			
	Применение системного подхода к автоматизации и информатизации решения прикладных задач, к построению информационных систем на основе современных информационно-коммуникационных технологий.			
Научно-исследовательская деятельность	Подготовка обзоров, аннотаций, составление рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе в области прикладной информатики.			

Виды деятельности и задачи, представленные в таблице, взяты из федерального государственного образовательного стандарта Высшего профессионального образования по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (квалификация (степень) "бакалавр") (в ред. Приказа Минобрнауки РФ от 31.05.2011 № 1975).

Компетенции в таблице проставляются экспертами-преподавателями с учетом требований стандарта ФГОС ВПО.

Представленные в стандарте задачи по видам деятельности можно дополнить с учетом специфики регионального ИТ-рынка труда. При этом отдельные задачи могут быть конкретизированы и перегруппированы между видами деятельности.

Если в ФГОС ВПО задачи сформулированы в общем виде и без отнесения к видам деятельности, то рабочей группе экспертов по проектированию модульных ООП следует выполнить аналитическую работу по обследованию сферы будущей профессиональной деятельности.

Для этих целей можно использовать результаты мониторинга трудоустройства и востребованности выпускников по данной или сопряженной специальности с учетом приказа Минобрнауки России от 17 февраля 2011 г. № 201 "Об установлении соответствия направлений подготовки высшего профессионального образования, подтверждаемого присвоением лицам квалификаций (степеней) "бакалавр" и "магистр", перечни которых утверждены приказом Минобрнауки РФ от 17 сентября 2009 г. № 337, направлений подготовки (специальностей) высшего профессионального образования, подтверждаемого присвоением лицу квалификации (степени) "специалист", перечень которых утвержден Постановлением Правительства РФ от 30 декабря 2009 г. № 1136, направлениям подготовки (специальностям) высшего профессионального образования, указанным в общероссийском классификаторе специальностей по образованию ОК 009-2003, принятом и введенном в действие Постановлением Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии от 30 сентября 2003 г. № 276-ст".

Желательно использовать результаты мониторинга за последние 5–7 лет, чтобы иметь возможность увидеть намечающиеся или имеющие место тенденции в изменении задач профессиональной деятельности.

Компетенции, внесенные экспертами в таблицу, одновременно фиксируются в карте компетенций.

Второй этап — это согласование видов профессиональной деятельности, задач профессиональной деятельности и компетенций с представителями от работодателей ИТ-сферы. В качестве экспертов на этом этапе могут быть привлечены выпускники по направлению Прикладная информатика и смежным с ней направлениям подготовки в рамках 23 укрупненной группы специальностей. Стаж работы экспертов должен быть не менее трех лет.

Важно, чтобы респонденты при заполнении табл. 2 указывали свою должность (или должности смежных профессий) и сопряженные с ней виды деятельности и профессиональные задачи. Анализ этих данных позволит увидеть востребованные виды деятельности, профессии, а также появление новых профессий. Полученные данные могут быть использованы для определения профилей бакалавриата и формирования магистерских программ, ориентированных на прикладную деятельность и запросы регионального ИТ-рынка.

Таблица 2. Шаблон разработки

Вид профессиональной деятельности	Должность	Профессиональные задачи	Профессиональные компетенции	Опыт практической деятельности

Данные, полученные от представителей работодателей ИТ-сферы, анализируются группой разработчиков модульных учебных планов и на основании этого анализа вносятся изменения в табл.1 и карту компетенций.

В ходе анализа необходимо учесть следующие аспекты:

- требования ФГОС ВПО по рассматриваемому направлению подготовки (специальности);
- видение рабочей группы разработчиков ООП с учетом региональной специфики;
- требования профессиональных стандартов;
- международные рекомендации;
- тенденции развития профессии (должности).

Кроме профессиональных компетенций должны быть обозначены надпрофессиональные компетенции. Эти компетенции определяются в соответствии с рамкой квалификации.

Точность информации, представленной в таблице, чрезвычайно важна, т.к. профессиональные задачи будут по сути определять совокупность модулей, а система профессиональных умений, знаний и владений — ожидаемые результаты освоения модулей.

Третий этап заключается в уточнении полученной сводной таблицы на основе анкетирования работодателей.

Предприятия, входящие в выборку, должны быть перспективными, востребованными среди выпускников, различными по форме собственности, количеству работающих в исследуемой ИТ-сфере труда. На данном этапе в форме анкеты респондентам предлагается проект карты деятельности специалиста ИТ-отрасли (табл. 1). Анкета должна быть составлена таким образом, что респонденты могли включать новые профессиональные и надпрофессиональные задачи.

Результаты анкетирования следует детально проанализировать, обобщить по востребованности выделенных профессиональных задач в регионе и в случае необходимости внести изменения в табл. 1, которая является основой для проектирования модульной ООП.

На следующем этапе можно сопоставить требования карты деятельности специалиста ИТ-отрасли с профессиональным стандартом (табл. 3).

Таблица 3. Сопоставление требований карты деятельности специалиста и профессиональных стандартов в ИТ-отрасли

Перечень должностных обязанностей по профессии (на основании профессиональных стандартов)	Профессиональные задачи (на основании карты профессиональной деятельности)
<i>Профессия, квалификационный уровень</i>	
1. Должностная обязанность	идентификаторы профессиональных задач

2. Должностная обязанность	идентификаторы профессиональных задач

Анализ подобной таблицы позволит оценить выполнение требований, предъявляемых профессиональными стандартами. Если отдельные должностные обязанности, указанные в профессиональных стандартах, не найдут отражения в выделенных профессиональных задачах, то следует провести анализ причин данного несоответствия (устаревшие профессиональные стандарты, особенности регионального рынка труда и т.д.).

Построенная на данном этапе карта деятельности специалиста ИТ-отрасли послужит основанием и для всестороннего анализа компетенций ФГОС ВПО, их уточнения и введения новых, связанных со спецификой регионального рынка труда.

Таким образом, результатом этого этапа технологии проектирования компетентностно-ориентированных ООП будут:

- созданная и прошедшая экспертизу работодателей и работающих выпускников карта деятельности специалиста ИТ-отрасли;
- совокупность актуальных профессиональных и надпрофессиональных компетенций как результативно-целевой основы ООП.

Параллельно с выполнением этого этапа проектирования модульных ООП формируется справочник компетенций по направлению подготовки и таблица распределения компетенций по дисциплинам учебного плана, которые соотнесены с видами деятельности и профессиональными задачами.

Согласно определению модуля для его выделения необходимо определить компетенцию или родственные компетенции, за формирование которых он будет отвечать. Существует два основных требования, предъявляемых к модулю: внутри модульные связи должны быть сильными, между модулями связи должны быть слабыми. Именно из эти положения становятся исходными на следующем этапе проектирования модульных ООП.

С этой целью строится матрица соответствия профессиональных задач и компетенций ООП (табл. 4) и аналогичная матрица соответствия надпрофессиональных задач и компетенций.

Таблица 4. Матрица соответствия профессиональных задач и профессиональных компетенций ООП

Вид профессиональной деятельности	Профессиональная задача	Профессиональные компетенции							
		П К 1	ПК 2	П К 3	П К 4	ПК 5	П К 6	П К 7	П К 8
А	А1	+	+				+		+
	А2	+	+			+		+	

	A3	+	+	+				+	
	и т.д.	+	+						
B	B1	+	+		+			+	
	B2	+	+						
и т.д.									

Анализ матрицы соответствия профессиональных задач и профессиональных компетенций позволяет решить следующие задачи:

- выявить группы родственных профессиональных компетенций;
- выявить метакомпетенции, т.е. компетенции, сформированность которых необходима будущему ИТ-специалисту для выполнения нескольких профессиональных задач из разных видов профессиональной деятельности.

В качестве примера метакомпетенций можно назвать следующие компетенции: «умение понять поставленную задачу», «умение формулировать результат», «умение извлекать полезную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов, сети Интернет» и т.д. Метакомпетенции, как правило, не требуют выделения отдельных модулей, они формируются пролонгировано в ходе реализации нескольких модулей за счет образовательных технологий и различных форм аудиторных и самостоятельных занятий, в т.ч. асинхронной самостоятельной работы.

Анализируя фрагмент формально представленной табл. 4, можно заключить, что ПК1 и ПК2 — это метакомпетенции. Компетенции ПК6 и ПК8, необходимые для решения задачи А1, скорее всего родственные и тогда необходим один модуль для их формирования. Если они принципиально различны, то следует выделить 2 модуля.

Компетенция ПК7 необходима для решения нескольких задач, причем из разных видов профессиональной деятельности. Возможно, эти задачи имеют части (подзадачи), близкие по функционалу, тогда необходимо выделить модуль, отвечающий за формирование ПК7, и, вероятнее всего, что это будет поддерживающий модуль. Например, в качестве ПК7 можно привести компетенции «готовность использовать информационные технологии в профессиональной деятельности», «умение публично представлять собственные и известные научные результаты» и т.д.

Следующий этап состоит в добавлении в табл.4 еще одного столбца — дисциплина учебного плана.

Таблица 5. Матрица соответствия профессиональных задач, дисциплин учебного плана и профессиональных компетенций ООП

Вид профессиональной деятельности	Профессиональная задача	Дисциплина учебного плана	Профессиональные компетенции		
			ПК1	...	ПК n
А	А1	Д1			
		...			

		Дn			
	...				
	Аn	Д1			
		...			
		Дn			
В	В1	Д1			
		...			
		Дn			
	В2	Д1			
		Дn			
и т.д.					

Матрица соответствия профессиональных задач, дисциплин учебного плана и профессиональных компетенций ООП позволяет объединить дисциплины учебного плана в модули на основе родственных компетенций. Именно такая основа позволяет утверждать, что внутри модульные связи будут сильными.

Применение описанной технологии позволило выделить следующие модули в рамках ООП по направлению подготовки Прикладная информатика:

Основные модули:

Модуль 1 — 26 ЗЕТ

Б1.Б.1 Философия (5 ЗЕТ) Б1.Б.2 История (4 ЗЕТ) Б1.Б.3 Иностранный язык (12 ЗЕТ) Б3.Б.9 Безопасность жизнедеятельности (3 ЗЕТ) Б.4 Физическая культура (2 ЗЕТ);

Модуль 3 (ПК-4, ПК-9) — 22 ЗЕТ

Б3.Б.4 Информационные системы и технологии (8 ЗЕТ) Б3.Б.5 Проектирование информационных систем (8 ЗЕТ) Б3.Б.8 Базы данных (6 ЗЕТ);

Модуль 7 (ПК-4, ПК-9) — 9 ЗЕТ

Б2.Б.5 Информатика и программирование (9 ЗЕТ);

Модуль 13 (ПК-3, ПК-17) — 21 ЗЕТ

Б2.Б.1.1 Алгебра и геометрия (5 ЗЕТ) Б2.Б.1.2 Математический анализ (5 ЗЕТ) Б2.Б.2 Теория вероятностей и математическая статистика (4 ЗЕТ) Б2.Б.3 Дискретная математика (4 ЗЕТ) Б2.Б.6 Физика (3 ЗЕТ);

Модуль 10 (ПК-13) — 15 ЗЕТ

Б3.В.ДВ.3.1 Внедрение, сопровождение и адаптация ИС (5 ЗЕТ) Б3.В.ДВ.4.1 Проблемы автоматизированного создания и адаптации ИС (3 ЗЕТ) Б2.В.ДВ.2.2 Методологии и инструментальные средства моделирования бизнес-процессов (4 ЗЕТ) Б3.В.ОД.1 Стандартизация, сертификация и управление качеством ПО (3 ЗЕТ);

Модуль 15 (ПК-8) — 15 ЗЕТ

Б3.В.ОД.4 ИТ инфраструктура предприятия (6 ЗЕТ) Б3.В.ДВ.3.2 Аудит информационной инфраструктуры (5 ЗЕТ) Б1.В.ДВ.2.1 Менеджмент (2 ЗЕТ) Б1.В.ДВ.2.2 Маркетинг (2 ЗЕТ).

Поддерживающие модули:

Модуль 2 — 9 ЗЕТ

Б1.В.ДВ.1.1 Актуальные вопросы социологии и политологии (3 ЗЕТ)
Б1.В.ДВ.1.2 Русский язык и культура речи (3 ЗЕТ) Б1.В.ОД.1 Правовые основы прикладной информатики (3 ЗЕТ);

Модуль 5 (ПК-17) — 9 ЗЕТ

Б2.В.ОД.3 Теория алгоритмов (2 ЗЕТ) Б2.В.ОД.4 Численные методы (3 ЗЕТ) Б2.Б.4 Теория систем и системный анализ (4 ЗЕТ);

Модуль 6 (ПК-4) — 21 ЗЕТ

Б2.Б.7 Программное обеспечение ЭВМ (3 ЗЕТ) Б3.Б.1 Вычислительные системы, сети и телекоммуникации (6 ЗЕТ) Б3.Б.2 Операционные системы (4 ЗЕТ) Б3.Б.3 Программная инженерия (8 ЗЕТ);

Модуль 9 (ПК-11) — 11 ЗЕТ

Б3.Б.6 Проектный практикум (6 ЗЕТ) Б3.В.ОД.2 Управление проектами (5 ЗЕТ);

Модуль 12 (ПК-15) — 17 ЗЕТ

Б1.Б.4 Экономическая теория (4 ЗЕТ) Б1.В.ОД.3 Основы бухгалтерского, управленческого и налогового учета (4 ЗЕТ) Б2.В.ДВ.2.1 Математическая экономика (4 ЗЕТ) Б3.В.ОД.6 Экономическая эффективность ИС (5 ЗЕТ);

Модуль 16 (ПК-9) — 8 ЗЕТ

Б2.В.ОД.2 Математическое и имитационное моделирование (8 ЗЕТ).

Специализированные модули:

Модуль 4 (ПК-11) –12 ЗЕТ

Б3.В.ОД.7 Управление информационными ресурсами (4 ЗЕТ)
Б3.В.ДВ.1.2 Управление ИТ-рисками (4 ЗЕТ) Б3.В.ОД.8 Информационный менеджмент (4 ЗЕТ);

Модуль 8 (ПК-10) — 20 ЗЕТ

Б2.В.ДВ.3.1 Практикум по программированию (6 ЗЕТ) Б2.В.ДВ.3.2 Объектно-ориентированный анализ и программирование (6 ЗЕТ)
Б3.В.ДВ.1.1 Программирование учетно-аналитических задач (4 ЗЕТ)
Б3.В.ДВ.2.2 Интернет-программирование (4 ЗЕТ);

Модуль 11 (ПК-21) — 16 ЗЕТ

Б2.В.ОД.1 Исследование операций и методы оптимизации (4 ЗЕТ)
Б2.В.ДВ.1.1 Интеллектуальный анализ данных (3 ЗЕТ) Б2.В.ДВ.1.2 Системы поддержки принятия решений (3 ЗЕТ) Б3.В.ОД.3 Интеллектуальные ИС (6 ЗЕТ);

Модуль 14 (ПК-8, ПК-6) — 10 ЗЕТ

Б1.В.ОД.2 Теория экономических ИС (3 ЗЕТ) Б3.В.ОД.5 Предметно-ориентированные экономические информационные системы (3 ЗЕТ)
Б3.В.ДВ.2.1 Информационные системы в бухгалтерском учете и аудите (4 ЗЕТ);

Модуль 17 (ПК-6) — 7 ЗЕТ

Б3.В.ДВ.4.2 Администрирование компьютерных сетей (CISCO) (3 ЗЕТ)

Б3.Б.7 Информационная безопасность (4 ЗЕТ).

Переносимые модули:

Б5.У Учебная практика (6 ЗЕТ) Б5.П Производственная практика (8 ЗЕТ).

Многое из указанного носит дискуссионный характер и здесь важно мнение экспертов. Кроме того, требования к объемам научной статьи не позволяют раскрыть такие особенности разработки учебных планов в рамках кредитно-модульно-компетентностной парадигмы как использование профессиональных стандартов, рамок квалификаций, учет требований международных образовательных стандартов.

Публикация выполнена в рамках научно-исследовательского проекта «Разработка региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем».

Литература

1. Азарова Р.Н. Разработка паспорта компетенции: Методические рекомендации для организаторов проектных работ и профессорско-преподавательских коллективов вузов. Первая редакция / Р.Н.Азарова, Н.М. Золотарева. — М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы, 2010. — 56 с.
2. Богословский В.А., Караваева Е.В., Ковтун Е.Н. и др. Переход российских вузов на уровневую систему подготовки кадров в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами: нормативно-методические аспекты. М.: Университетская книга, 2010. — 248 с.
3. Караваева Е.В., Петухова Т.П. Научно-методический подход модульного построения образовательных программ на основе ФГОС ВПО. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием); Оренбургский гос. ун-т. — Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. — 35 с.
4. Курзаева Л.В. Структурно-функциональная модель развития конкурентоспособности будущего ИТ-специалиста в процессе профессиональной подготовки в вузе: организационно-управленческий аспект / Л.В. Курзаева //Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7424>
5. Овчинникова И.Г. Исследование уровней формирования результатов обучения в системе профессионального образования Челябинской области вуза / И.Г.Овчинникова, Л.В.Курзаева //Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: сб. докладов по материалам Девятой Всероссийской научно-практической Интернет-конференции (31 октября-1 ноября 2012 г.). — Кн. III. — Петрозаводск: ПетрГУ, 2012. — с. 228-237
6. Овчинникова И.Г. Региональная рамка квалификаций: роль и место в системе непрерывного профессионального образования, опыт разработки: монография / И.Г. Овчинникова, Л.В. Курзаева, Б. В. Курчатов,- Магнитогорск : МаГУ, 2010. — 143 с.
7. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З., Масленникова, О.Е. Подготовка будущих ИТ-специалистов в области обеспечения интероперабельности электронной науки и образования [Текст] / Г.Н. Чусавитина, Л.З. Давлеткиреева, О.Е. Масленникова // Разработка инновационных механизмов повышения конкурентоспособности выпускников ИТ-специальностей вуза в условиях монопромышленного города: Сб. статей / под ред. Г.Н.Чусавитиной, Л.З. Давлеткиреевой. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2012. — С. 132-140. — Библиогр.: с. 140. — 200 экз. — ISBN 978-5-86781-982-8.
8. Петеляк В.Е. О некоторых системных недостатках программы подготовки инженерно-технических кадров в рамках объявленной политики модернизации страны [Текст] /В.Е.

- Петеляк //Современные проблемы науки и образования: материалы XLIX Внутривузовской науч.конф. преподавателей МаГУ; Министерство образования и науки Российской Федерации; ГОУ ВПО "Магнитогорский государственный университет" /под ред. З. М. Уметбаева, П. Ю. Романова, Т. В. Саляевой. Магнитогорск: изд-во Магнитогорского гос. у-та, 2011. — С. 259-260.
9. Петеляк В.Е. Структура результатов интеллектуальной деятельности вузов, вкладываемых в уставной капитал малых инновационных предприятий [Текст] /В.Е. Петеляк // Современные проблемы науки и образования: материалы LI Внутривузовской научной конференции преподавателей МаГУ; Министерство образования и науки Российской Федерации; ГОУ ВПО "Магнитогорский государственный университет" /под ред. М.Г. Абрамзона,Н.И.Платонова. — Магнитогорск: изд-во Магнитогорского гос. у-та, 2013. — С. 117-118.
 10. Требования к выпускной квалификационной работы студентов специальности 080801 «Прикладная информатика (в экономике)» [Текст]: методич. реком. / под общ.ред. О.Б. Назарова — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск.гос. ун-та, 2010. — 100 с. -500 экз. — ISBN 978-5-86781-754-1
 11. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е. Методика формирования компетенций ИТ-специалиста в области информационных систем по образовательной программе «Прикладная информатика» Гуманитарные научные исследования [Электронный ресурс]/О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова. — Декабрь 2013. — № 12. — Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2013/12/5375> (дата обращения: 25.12.2013).
 12. Петухова, Т.П., Влацкая И.В., Осиянова О.М., Темкина В.Л. Научно-методические основы модульного проектирования компетентностно-ориентированных образовательных программ на основе ФГОС ВПО //Опыт внедрения федеральных государственных образовательных стандартов учреждениями профессионального образования: мониторинг вузов и колледжей: материалы семинара-совещания для руководящих работников учреждений профессионального образования Приволжского федерального округа. — Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2012. — С. 228 — 240
 13. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: <http://fgosvpo.ru/uploadfiles/npo/20130105131426.pdf/>

Орлова Н.В.

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), доцент кафедры
Информационных систем и прикладной информатики, orlova65@mail.ru

Методы и технологии обучения IT-специалистов синтезу 3D-изображений и разработке 3D-туров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

3D изображение, 3D тур, 3D визуализация, IT-образование, 3D проект.

АННОТАЦИЯ

В статье автор делится опытом обучения IT-специалистов технологиям синтеза панорамных изображений и разработки на их основе виртуальных путешествий. Приведены реальные примеры участия обучающихся в проекте 3D-университет. Описана технология реализации 3D-туров различными по сложности освоения и трудоёмкости методами.

Актуальность применения 3D технологий в самых разных сферах и направлениях деятельности общества ни у кого уже не вызывает сомнений. Системы визуализации становятся всё более качественными и профессиональными.

Идея заняться синтезом и разработкой 3D-представлений окружающего мира возникла у автора ещё лет десять назад, после знакомства с проектом Google ArtProject. Более, чем двадцатилетний опыт преподавания дисциплины «Компьютерная графика» помог разобраться с технологией проведения съёмки, последующей обработкой и сшивкой фотографий, получением 3D-панорам и объединением их в 3D-тур.

Одним из важнейших факторов для реализации поставленной задачи стало участие в работе студентов. Первые шаги были сделаны на лабораторных занятиях по дисциплинам «Мультимедиа технологии» и «Компьютерная графика». Мы создавали наши первые панорамы в таких программах, как Photoshop и Pano2VR. Подобные занятия всегда вызывали большой интерес у обучающихся на всех формах, как очной, так и заочной.

Следует отметить, что если двадцать лет назад заочники представляли собой уставших от совмещения работы и учёбы людей, мечтающих получить поскорее диплом то высшем образовании, то в наши дни, картина радикально изменилась. Это чаще всего люди, работающие в сфере IT-технологий, имеющие значительный опыт и знания. Именно в этой среде появились первые наиболее заинтересованные помощники. Например, выпускник специальности «ИТ в дизайне» РГЭУ (РИНХ) на третьем курсе обучения написал курсовой проект на тему «Создание

виртуального тура», позднее успешно защитил в феврале 2014 года дипломный проект по теме «Виртуальная прогулка по набережной г. Геленджик».

Но прорывом в реализации качественных и профессионально выполненных 3D-туров стало участие в проекте 3D-университет трёх студентов-заочников, обучающихся сейчас на шестом курсе на специальности «Прикладная информатика в экономике». При формировании группы автор учла профессиональные навыки и интересы каждого участника проекта. Один из студентов работал фотографом, а двое других системными администраторами. Было много обсуждений и споров, мы шли методом проб и ошибок, преодолевали массу препятствий и сложностей. И не смотря ни на что, сегодня можно с уверенностью сказать, что всё получилось. Ребята вышли на профессиональный уровень и начали получать коммерческие заказы.

Неоценимую помощь нам оказал декан факультета Компьютерных технологий и информационной безопасности, к.ф.-м.н. Д.Н. Карасёв. Молодой, увлечённый, активный, он поддержал наши идеи и помог воплотить их в жизнь.

Следом за группой заочников, интерес к работе с виртуальными прогулками начали проявлять наиболее продвинутые студенты очной формы обучения. Учащиеся на разных курсах, на различных направлениях, ребята сумели объединиться и не имея ещё никаких профессиональных навыков, практически на «голом энтузиазме», разработали очень интересные и зрелищные прогулки. Для привлечения новых кадров в команду разработчиков, автор опубликовала готовые работы на своём персональном сайте <http://orlova.rsue.ru/>. Студенты младших курсов с интересом знакомятся с разработками старших товарищей, задают вопросы и стремятся попасть в число разработчиков.

Формирование новых знаний, умений и навыков стало не единственным результатом нашей работы. Некоторые участники проекта начали проводить научные исследования в описываемой области, писать научные статьи, принимать участие в конференциях и других научных мероприятиях. [1,2,3]

Технологии разработки 3D-туров требуют оснащения оборудованием, помимо профессиональной фотокамеры, требуется штатив, панорамная головка, желательно иметь объектив для панорамной съёмки. При наличии такого «fisheye» объектива, достаточно сделать шесть кадров — надир, зенит и четыре стены или стороны. Мы не можем позволить себе такое оборудование, поэтому производили съёмку на трёх уровнях с шагом 45 градусов по вертикали и 30 градусов в горизонтальной плоскости вокруг нодальной точки, плюс надир и зенит. Нодальная точка — это точка внутри объектива камеры, где пересекаются лучи света, идущие к пленке или матрице. Особенность ее заключается в том, что при вращении камеры вокруг этой точки отсутствует параллакс объектов. (Параллакс —

смещение объектов переднего плана относительно объектов заднего плана при повороте камеры). В результате вместо 6 снимков, приходилось обрабатывать и снимать 36 кадров, что значительно повышало трудоёмкость. Процедура установки нодальной точки показана на рис. 1.

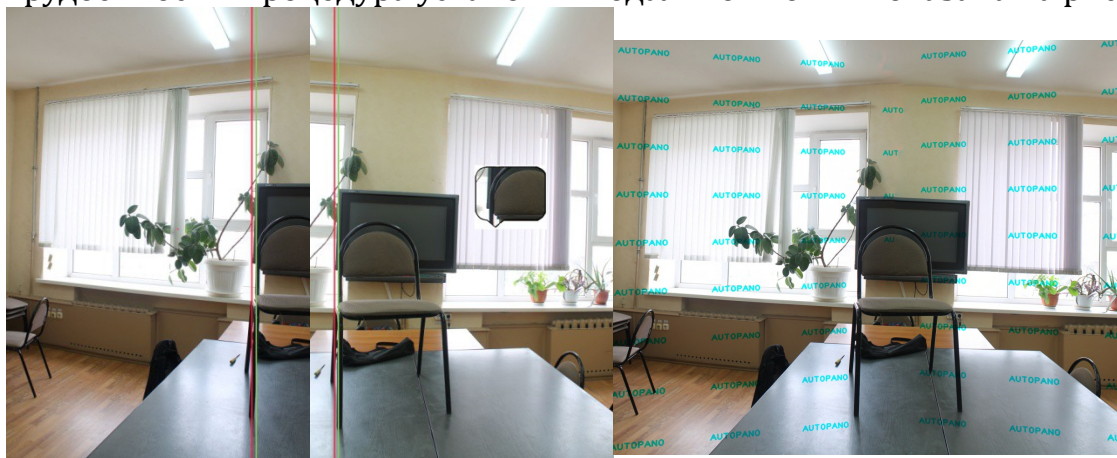


Рис. 1. Процедура установки нодальной точки

Для получения высококачественных панорам с минимальными искажениями следует придерживаться ряда правил:

- камера устанавливается таким образом, чтобы при выбранной диафрагме все кадры в серии оказались в фокусе;
- набор снимаемых снимков нужно снимать таким образом, чтобы места швов будущей сферической панорамы находились на достаточно однотонных местах;
- Используется штатив со специальным приспособлением, называемым панорамной головкой. Она служит лишь для того, чтобы закрепить камеру таким образом, чтобы ось вращения проходила через нодальную точку.

Следующий этап — синтез панорамного изображения. Мы провели сравнительный анализ нескольких десятков программ и выбрали те, что предоставляют наиболее качественную обработку. Во время второго этапа полученные фотографии обрабатываются при помощи графических редакторов, например Adobe Photoshop Lightroom, Adobe Photoshop, Photoscape. Графические редакторы позволяют выполнить цвето и свето коррекцию, выровнять угол горизонта.

На практике для обработки изображений используются такие программы, как Adobe Photoshop Lightroom, Adobe Photoshop, Photoscape, GIMP, Picasa и др.

На третьем этапе фотографии объединяются из выбранного материала при помощи специальных компьютерных программ например Autorano Giga, EasyPano, Hugin, PTGui. Технология сшивки панорамы показана на рис.2.



Рис.2. Технология шивки панорамы

Четвертый этап состоит из конечного создания виртуального тура путем компоновки панорамных фотографий в одно интерактивное путешествие. Программы для создания виртуальных путешествий называются строителями виртуальных туров например Kolor Panotour Pro, Krapano, Pano2QTVR free.

```
<krapano version="1.16" title="Виртуальный тур" onstart="startup();">

<scene name="scene ____" title="Ночь" onstart="" thumburl="panos/____.tiles/thumb.jpg" lat="" lng="" heading="">

<view hlookat="0" vlookat="0" fovtype="MFOV" fov="120" maxpixelzoom="2.0" fovmin="70" fovmax="140"
limitview="range" vlookatmin="-83.635" vlookatmax="83.635" />

<preview url="panos/____.tiles/preview.jpg" />

<image>
  <cube url="panos/____.tiles/pano_%s.jpg" />
  <mobile>
    <cube url="panos/____.tiles/mobile_%s.jpg" />
  </mobile>
</image>
<!-- place your scene hotspots here -->
<hotspot name="spot1" style="skin_hotspotstyle" ath="65.293" atv="8.750" linkedscene="scene ____" />
</scene>
```

Рис. 3. Фрагменты кода Krapano

В реальной практике для создания виртуальных туров используются такие программы, как Kolor Panotour Pro, язык Krapano, Pano2QTVR и др.

Благодаря этим программам осуществляется конечное создание виртуального путешествия.

Для создания туров мы рассматривали технологию Krapano — универсальное программное обеспечение для создания панорам,

основанное на .XML-подобном языке. Синтез 3d тура осуществлялся с помощью дроплета MAKE VTOUR (NORMAL). Фрагменты кода Krapo приведены на рис. 3.

Работа со скриптовыми кодами Krapo сложнее, чем применение готовых оболочек, таких как Kolor Panotour Pro основанных на технологиях Krapo. Это всё равно как писать на языке PHP или использовать Joomla. Есть приверженцы у обоих подходов. Наши студенты работают с различным инструментарием и получают отличные результаты. Работы продолжаются. В перспективе мы хотим объединить технологии 3D-моделирования и 3D-туров.

Идея состоит в параллельной разработке 3D-моделей помещений, создании анимированных персонажей, написании сценариев взаимодействия пользователей и 3D-героев с возможностью перехода в 3D-тур. Кроме того, автор в течение многих лет пытается развить в своём вузе технологии дополненной реальности. Как только мы получим первые результаты, они также войдут составной частью в проект 3D-университет. Это весьма сложная и амбициозная задача. Есть множество проблем и трудностей на пути к её решению. До сих пор нам удавалось справляться с поставленными задачами, выражаем уверенность в том, что ничего невозможного нет и новых заявленных нами направлений развития. Сила науки и образования объединяет и вдохновляет нас не смотря ни на что идти к вершинам и достигать целей исследований.

Литература

1. Орлова Н.В. Применение методов 3d-моделирования в экономических информационных системах: Статистика в современном мире: методы, модели, инструменты: материалы Всероссийской научно-практической конференции. (26-28 сентября 2012 г.) / РГЭУ (РИНХ). — Ростов-на-Дону, 2012. —0,2 п.л.
2. Орлова Н.В. Применение методов 3D-моделирования в IT-образовании// Современные информационные технологии и IT-образование [Электронный ресурс] / Сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции / под ред. В.А. Сухомлина. — Москва: МГУ, 2013. — Т.1. — 478с. — с.45-454 — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). — ISBN 978-5-9556-0156-4
3. М.А. Безрукавая. Сравнительный анализ программных продуктов для реализации синтеза 3d-изображений \\ III Всероссийский конгресс молодых ученых-СПб: Университет ИТМО, 2014, Выпуск 3
4. Башир Торшхоев. Применение XML-технологий для разработки 3D-туров на языке krapo\\ XV международная научно-практическая конференция «Экономико-организационные проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем», Издат.-полиграф. комплекс РГЭУ (РИНХ), май.14
5. М.А. Безрукавая. Анализ вариантов представления реальных объектов и выбор технологии синтеза 3D изображений\\ XV международная научно-практическая конференция «Экономико-организационные проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем», Издат.-полиграф. комплекс РГЭУ (РИНХ), май.14.

Губина Т.Н.

Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина, доцент кафедры прикладной математики и информатики, к.п.н, gubina-tn@yandex.ru

Один из подходов к формированию компетентности будущих учителей в области образовательных веб-сервисов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Образование, веб-сервис, высшее учебное заведение, компетентность, курс по выбору, подготовка.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается необходимость введения в учебный план бакалаврской подготовки по направлению 050100.62 — Педагогическое образование курса по выбору, направленного на формирование практических знаний, умений, навыков и компетенций в области образовательных веб-сервисов. Приведен опыт разработки предметного содержания курса по выбору «Веб-сервисы в образовании».

В условиях активного использования современных средств информационных и коммуникационных технологий (средств ИКТ) в образовательном процессе начальной и средней школы и, более того, формирования единого информационно-образовательного пространства РФ, особо остро встает проблема готовности и способности учителей к использованию средств ИКТ в новых условиях, диктуемых повсеместным распространением Интернета и возможностью получения доступа к различным веб-сервисам. Как справедливо заметила Г.Н. Бойченко, «...необходимо осуществлять поэтапный, динамичный и управляемый процесс вхождения педагогов в Интернет-пространство как новую сферу их профессиональной деятельности, сопровождающийся развитием и изменением их профессиональных качеств, формированием позитивного отношения к использованию информационных ресурсов Интернет-пространства в обучении, овладением системой профессиональных знаний и компетенций для успешной педагогической деятельности в условиях становления ... информационного общества...» [1, С.5].

Не менее остро стоит эта проблема и на этапе обучения будущих учителей в высших учебных заведениях. Так, анализ ГОС ВПО по направлению подготовки 050100.62 — Педагогическое образование показал, что необходимо готовить обучающихся к применению современных методик и технологий, в том числе и информационных, к использованию возможностей ин-

формационной образовательной среды для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса (ПК-2, ПК-4) [11]. Готовить обучающихся к использованию средств ИКТ на базе веб-сервисов видится целесообразным в рамках дисциплин «Информационные технологии», «Методика обучения и воспитания», но, к сожалению, в рамках этих дисциплин не представляется возможным уделить достаточное внимание практике применения веб-сервисов. Требуется расширение и углубление знаний, умений, навыков и компетенций обучающихся в области образовательных веб-сервисов для успешной профессиональной деятельности в рамках курсов по выбору.

С целью формирования компетентности будущих учителей в области образовательных веб-ресурсов в Елецком государственном университете был разработан курс по выбору «Веб-сервисы в образовании» для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 050100.62 — Педагогическое образование, профиль подготовки — математика, физика, информатика.

Целью освоения дисциплины является знакомство студентов с основами современных сетевых информационных технологий, позволяющих организовывать различные виды образовательной деятельности педагога в условиях реализации требований ФГОС с учетом специфики региональных условий, уровня подготовленности учеников, необходимости внедрения современных методов обучения и педагогических технологий, основанных на информационных и коммуникационных технологиях.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование у студентов системного базового представления о возможностях веб-сервисов для организации образовательного процесса;
- формирование первичных знаний, умений и навыков по сетевым информационным технологиям, достаточных для дальнейшего продолжения образования и самообразования педагогов в решении педагогических задач;
- формирование навыков использования современных веб-сервисов для решения образовательных задач;
- формирование практических умений организации проектной деятельности с использованием социальных сетевых сервисов (Web 2.0);
- формирование культуры решения педагогических задач в условиях ФГОС с минимальными затратами времени, культуры профессионального создания дидактических материалов к урокам на основе веб-сервисов;
- подготовка студентов к использованию современных сетевых технологий в качестве инструмента познавательной деятельности учащихся.

Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные положения концепции образования 2.0. Понятийный аппарат

Технология web 2.0. Отличие веб 1 от веб 2. Классификация веб 2.0-сервисов. Педагогические основы веб 2.0-технологий. Виды социальных сетевых сервисов, применяемых в образовании. Достоинства и недостатки использования социальных сетевых сервисов в образовании. Условия создания эффективной образовательной среды с использованием сетевых социальных сервисов. Дидактический потенциал веб-сервисов.

Раздел 2. Виртуальное пространство распределенного образовательного проекта

Виды Интернет-коммуникации в распределенном образовательном проекте. Коммуникация участников образовательного проекта с использованием почтовой службы Gmail. Коммуникация участников образовательного проекта с использованием клиента Google Talk. Создание сайта команды проекта на базе Группы Google. Использование веб-форума Группы Google в координации деятельности членов команды проекта. Организация совместной деятельности участников проекта. Планирование проекта средствами календаря Google. Структурирование проекта в Блокноте Google.

Раздел 3. Коллективная работа с документами на основе сервиса Google

Основы коллективной работы в сети на основе сервиса Google. Создание документа, его загрузка, редактирование. Создание таблицы, ее загрузка и редактирование. Совместная работа над документами и таблицами, ее возможности. Предоставление общего доступа к документам и таблицам проекта. Использование возможностей сервиса Google на уроках математики, физики. Работа с конструктором сайтов Google: создание сайта учителя-предметника, сайта класса и пр. Создание образовательного веб-квеста. Создание виртуальных тетрадей.

Раздел 4. Разработка дидактических материалов на основе веб-сервисов

Сервис для создания интерактивных флэш-ресурсов, фабрика кроссвордов, создание облака слов, создание интерактивных публикаций в виде журнала, брошюры, презентации.

Разработка интеллект-карт. Дидактический потенциал интеллект-карт. Краткий обзор сервисов mind maps. Мозговой штурм с использованием Интеллект-карт.

Раздел 5. Организация проектной деятельности школьников с использованием wiki-технологий

Обзор образовательных вики-проектов. Основные преимущества применения Вики в образовании. Основные недостатки Вики-технологии. Создание сетевого проекта на базе платформы wikispaces.com.

Лабораторные занятия по дисциплине предполагают работу в компьютерном классе с возможностью выхода в сеть Интернет для доступа к образовательным веб-сервисам.

Тематика лабораторных работ:

1. Создание учетной записи на Google. Работа с электронной почтой. Видеосообщение. Создание стартовой страницы браузера с помощью веб-сервиса Symbaloo.com. Создание виртуальной тетради по предмету.
2. Создание и структурирование сайта учителя-предметника на базе Группы Google.
3. Работа с документами Google Диск: создание текстового документа, электронной таблицы, презентации, формы для тестирования и анкетирования, совместная работа над документами.
4. Создание дидактических материалов к урокам: игра «Скрытое изображение», музыкальный таймер (отсчет обратного времени), игра «Выбор по категориям», игра «Викторина» и др. Размещение дидактических материалов на сайте Google.
5. Разработка тематической интеллект-карты. Размещение карты на сайте Google.
6. Создание образовательного веб-квеста на сервисе Google.
7. Создание вики-страниц для организации проектной деятельности школьников.

Критерии, по которым выбирались веб-сервисы для проведения лабораторных работ:

- соответствие веб-сервиса одной из областей применения: обучение, подготовка дидактического материала, решение творческих задач, мозговой штурм, организация совместной работы, сетевое взаимодействие; организация проектной деятельности.
- бесплатность;
- удобство работы с сервисом;
- поддержка кириллицы;
- поддержка организации совместной деятельности;
- быстрая регистрация или ее отсутствие;
- возможность доступа к ресурсу через учетную запись Google;
- соответствие веб-сервиса возрастным, индивидуальным и учебным возможностям обучающихся;
- соответствие современному уровню развития средств ИКТ;
- перспективность использования веб-сервиса на ближайшее время, поддержка его развития, модернизация;
- степень эффективности веб-сервиса для решения педагогических задач;
- возможность освоения веб-сервиса за достаточное короткое время (наличие справочной системы, справочных руководств, опыта использования сервиса и пр.).

Руководствуясь выше перечисленными критериями, а также изучив накопленный опыт применения образовательных веб-сервисов, была отобрана группа веб-сервисов, которые изучают студенты на лабораторных и

лекционных занятиях:

- сервис хранения закладок *Symbaloo* (<http://www.symbaloo.com>);
- сервисы для создания облака слов *Tagul* (<https://tagul.com/>), *Tagxedo* (<http://www.tagxedo.com>);
- сервисы для создания интерактивных флэш-ресурсов *Jeopardylabs* (<https://jeopardylabs.com>), *Zondle* (<https://www.zondle.com>), *LearningApps* (<http://learningapps.org>);
- фабрика кроссвордов *Puzzlecup* (<http://puzzlecup.com>), *Cross* (http://cross.highcat.org/ru_RU/);
- сервис для создания интерактивных публикаций в виде журнала, брошюры, презентации *Calaméo* (<http://ru.calameo.com/>);
- сервис создания календаря и планировщика событий *Календарь Google*;
- сервис для создания офисных документов *Документы Google*;
- сервис для создания виртуальной тетради по предмету, веб-квеста *Google Сайты*;
- сервис для организации проектной деятельности школьников *Wikispaces* (<http://www.wikispaces.com/>);
- сервисы для создания интеллект-карт *MindMup* (www.mindmup.com), *Coggle* (<https://coggle.it/>), *WiseMapping* (<http://wisemapping.com/>);
- сервис для совместного создания Wiki-газеты несколькими пользователями *WikiWall* (<http://www.wikiwall.ru>).

Использование веб-сервисов в образовании позволяет по-новому выстраивать профессиональную деятельность учителя-предметника, тем самым обеспечивая:

- выполнение требований ФГОС второго поколения к использованию системно-деятельностного подхода, к использованию технологий обучения, основанных на реализации проектной деятельности, на уровне дифференциации обучения, на создании учебных ситуаций и пр.;
- открытость обучения для учеников, учителей и родителей;
- возможность организации коллективной (совместной) деятельности обучающихся в информационной образовательной среде;
- доступ к новому и удобному способу подготовки дидактических и методических материалов к урокам;
- создание централизованного хранилища данных и, в целом, сетевого профессионального пространства.

Введение курса по выбору «Веб-сервисы в образовании» в учебные планы по направлению подготовки 050100.62 — Педагогическое образование позволяет погрузить обучающихся в современную информационно-образовательную среду, способствующую формированию их информационно-технологической компетентности на стадии обучения в вузе и, как следствие, способствующую формированию готовности и способности будущих

педагогов к работе в условиях модернизации системы образования, перехода на ФГОС второго поколения.

Литература

1. Бойченко, Г.Н. Информационные сервисы. Интернет в профессиональной деятельности педагога : учебное пособие [Электронный ресурс] / Г.Н. Бойченко. — Новокузнецк : Кузбасская государственная педагогическая академия, 2008. — 106 с. — ISBN 978-5-85117-320-2. — URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=88672>.
2. Быховский, Я.С. Образовательные веб-квесты [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.iteach.ru/met/metodika/a_2wn4.php.
3. Заславская О.Ю. Особенности повышения квалификации учителей в области использования Интернет-сервисов нового поколения [Текст] / О.Ю.Заславская // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». — М.: МГПУ, 2012. — №1(23). — С.76-86.
4. Инструкции по созданию google-документов <https://docs.google.com/document/d/1We7Q7RHbtedaTiRR6iOLXbBa19BWPPs-AdcE0gkU4rM/pub>.
5. Коллекция веб-сервисов для образования <https://sites.google.com/site/badanovweb2/home>.
6. Кречетников К. Г. Социальные сетевые сервисы в образовании [Электронный ресурс] / К. Г. Кречетников, И. В. Кречетникова / Тихоокеанский военно-морской институт имени С.О. Макарова. — Режим доступа: [http://ido.tsu.ru/other_res/pdf/3\(39\)_45.pdf](http://ido.tsu.ru/other_res/pdf/3(39)_45.pdf).
7. Мозговой штурм с использованием Интеллект-карт <http://www.mind-map.ru/?s=27>.
8. Образование и профессиональное саморазвитие студента в сетевой среде: Учебное пособие. Спб.: Издательство РГПУ им. А.И. Герцена, 2010.
9. Патаракин Е.Д. Социальные сервисы Веб 2.0 в помощь учителю: Практическое руководство образованию [Электронный ресурс] / Е.Д. Патаракин. — М.: Интуитюру, 2007. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/005/55005>.
10. Презентация сервисы веб 2.0 для создания дидактических материалов <http://www.slideshare.net/kharevich/ss-27779646>.
11. ФГОС ВПО по направлению 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр»). Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 17.01.2011 г. № 46.
12. Ээлма Ю. В. Образовательные возможности Веб 2.0. Веб 2.0-сервисы Интернета — новые формы коллективного педагогического взаимодействия [Электронный ресурс] / Ю. В. Ээлма // Использование Интернет-технологий в современном образовательном процессе. — Спб.: РЦОКОиИТ, 2008. — Часть II: Новые возможности в обучении. — С. 63-80. — Режим доступа до журн.: <http://rcokoit.ru/dld/metodsupport/web20.pdf>.
13. <https://sites.google.com/site/badanovweb2/home>

Латыпова О.Ю.

зам. директора ИТ-департамента. Система непрерывного образования ИТ-специалистов для ОАО «Сургутнефтегаз»

Система непрерывного профессионального образования ИТ-специалистов для ОАО «Сургутнефтегаз»

Ежегодные потери бизнеса от неудач при внедрении ИТ-проектов по всему миру составляют до 4,5 триллионов евро, и более половины ИТ-проектов превышают бюджет более чем на 80% [5].

Потенциальные потери 25% государственного ИТ-бюджета США; из 8 тыс. проектов только 16 % успешных 30% — закрыты, в остальных проектах — задержки, пересмотры, превышения бюджетов, сроки [6].

В России (по оценкам Минкомсвязи) для форсированного развития отрасли ИТ до 2018 г. система образования и повышения квалификации должна подготовить не менее 350 тысяч ИТ-специалистов. Прогнозируемое же количество обученных ИТ-специалистов до 2018 г. составляет до 150 тысяч. Ежегодно российские вузы выпускают до 25 тысяч ИТ-специалистов, однако только 15-20% выпускников по инженерным специальностям пригодны к немедленному трудоустройству в сфере ИТ. [7]

С другой стороны в условиях глобализации рыночных отношений, сложности, неопределённости и динамичности окружающей среды важнейшим направлением в повышении эффективности деятельности нефтедобывающих предприятий является внедрение ИТ-технологий. Эффективное функционирование ИТ-служб невозможно без высококвалифицированных кадров. Традиционный подход к формированию персонала не позволяет в полной мере использовать потенциал каждого работника. Современный подход в рамках концепции всеобщего менеджмента качества позволяет повысить эффективность персонала за счет формирования и учета компетенций каждого работника.

Проблемы кадрового дефицита известны во всем мире. Многие страны понимают, что улучшить ситуацию возможно только с помощью комплексных мер, которые должны быть направлены по большей части в сторону повышения качества специалистов, а не их количества. В этой связи, например в Европе, обсуждаются вопросы создания единой европейской системы сертификации. (Quality Labels for ICT Industry Certification: Services associated to Quality Labeling). Проект охватывает все направления деятельности системы подготовки и управления специалистами ИТ сферы: сертификация выпускников вузов, специалистов, всех видов образовательных программ, гармонизацию сертификации поставщиков ИТ и так далее. Но такая работа стала возможной, только

после того, как большинство стран Европы смогли сформировать внутри своих стран национальные системы квалификаций. Национальная система квалификаций — это средство согласования спроса на квалификации работников со стороны работодателей (рынка труда) на основе настоящих и перспективных требований рынка труда, сформулированных в терминах таких критериев, как характер знаний, умений и компетенций, и предложения квалификаций со стороны системы образования и обучения. Это согласование осуществляется на основе эффективных механизмов правового и институционального регулирования взаимодействия профессионального образования и рынка труда. В том числе создание НСК обусловлено объективной необходимостью, а именно, серьезным качественным разрывом между спросом и предложением рабочей силы. В настоящее время компетенции работников во многом не удовлетворяют работодателей, а система профессионального образования только начинает переход на программы образования, основанные на компетенциях. [1] Более 100 стран мира создают или используют системы квалификации. Как мы видим на карте (рисунок 1), зрелая система квалификаций имеется у очень не многих— Австралия, новая Зеландия, южная Африка, Англия, Франция. Страны, которые занялись разработкой межнациональной системой квалификаций, выделены прозрачным зеленым цветом. Эта система дает им единый язык, описывающий квалификации, специалисты этих стран могут свободно перемещаться и работать в любой стране, объединенной в межнациональную систему квалификаций. Страны Европы, между собой договорились страны на юге Африки, Венесуэла и Куба имеют единые профессиональные стандарты. Наша страна находится в процессе разработки национальных квалификационных стандартов, и мы пока еще не вступили ни в одну межнациональную систему квалификаций.

Области на карте	Уровень разработок НКС в странах:
Темно-синий	Имеется собственная, зрелая система квалификаций
Красный	Стадия разработки НКС
Голубой	В системе образования используется компетентностный подход
Зеленый прозрачный	Стадия разработки межнациональной СК
Голубой прозрачный	Взаимное признание секторальных соглашений ASEAN
Оранжевый прозрачный	Разрабатывается региональная рамка для стран Персидского залива

Рисунок 1. Карта зрелости систем квалификаций

Наша страна стремится к конкурентоспособности, а российские ИТ — компании выходят на международный уровень, поэтому вопрос гармонизации и сопоставления российских профессиональных ИТ-стандартов с мировыми эталонами, конечно же стоит на повестке дня.

Как и в других странах, Российские профессиональные стандарты в области ИТ имеют большее значение на внутреннем рынке труда. Все участники рынка заинтересованы в едином языке, описывающем квалификации специалистов. Государство получает структуру для поддержки обратной связи между рынком труда и профессиональным обучением, получая информацию для целевого финансирования. Вузы страны получают определение целей обучения, содержание программ, условий для сертификаций, повышения признания квалификаций, получаемых в результате образования, что повышает их конкурентоспособность на рынке образовательных услуг. Специалисты получают дорожную карту развития компетенций (пути карьеры), мотивацию, мобильность, возможность получения подтверждения своих компетенций. Компании получают возможность планировать развитие своего потенциала, основанного на анализе разрыва в потребностях работодателя и возможностях специалистов (определение потребности в обучении для специалистов). В ОАО «Сургутнефтегаз» компетентностный подход в управлении ИТ-персоналом используется и развивается на протяжении последних двух лет, с помощью этого подхода мы планируем решать следующие задачи:

1. Уметь формирование высококвалифицированную команду на ИТ проекты (ежегодный портфель ИТ- проектов составляет до 150 штук).
2. Уметь планировать карьерный рост специалистов и выстраивать систему их мотивации к работе (в ОАО «Сургутнефтегаз» инсорсинговая модель управления развитием информационных технологий).
3. Иметь четкие требования для проведения отбора претендентов на работу.

Модель компетенций ИТ-специалиста ОАО «Сургутнефтегаз» состоит из четырех кластеров, имеющих одинаково важное значение для формирования ИТ- специалиста, востребованного на нашем предприятии. Кластеры модели представлены на Рисунке 2. По всем четырем направлениям, работа осуществляется параллельно, техническая архитектура модели единая.

Каждый кластер подробнее описывается в следующих статьях этого сборника, я же позволю себе коротко охарактеризовать каждый из них.

а) Ценностно-смысловой кластер.

На рисунке 3 в табличной форме представлена содержательная составляющая кластера. Разработка методик, информационной системы и порядков работы в этом кластере еще нам предстоит.



Рисунок 2. Модель компетенций ИТ специалиста в ОАО «Сургутнефтегаз»

Профессионализм - это

- Высокий уровень профессиональных компетенций
- Определенный модус (способ) существования личности в профессии



Модус	Стремления	Подход к другому человеку
Достижения	к вещи (иметь)	Как к объекту достижения собственных целей
Обладания	к цели (казаться)	Соперничество
Служения	к смыслу (быть)	Разрешение проблем других людей, для которых это разрешение будет иметь положительное значение.

1. Продуктивное развитие личности возможно только в модусе «Служения».
2. Способ бытия определяет качество личностных оснований профессионального роста.

Рисунок 3. Ценностно-смысловой кластер модели компетенций

Подробнее тема освещена в статье «Отца Геннадия (стр.). В его статье говорится об исследованиях влияния так называемого «человеческого фактора» на все стороны современной технологизированной жизни. В это связи все большую актуальность приобретает вопрос не просто повышения тех или иных компетенций специалистов в различных областях, но и формирование особой

личностной позиции в профессии. Сегодня мы еще не приступили к разработке этого кластера, только, так сказать, «изучаем теорию».

б) Профессиональный кластер.

Профессиональный кластер включает систему обучения (курсы, тесты). Ведётся оценка работы всех специалистов и технологов ПУ «СургутАСУнефть»: на каком уровне провел консультации, сколько конкретно программист провёл изменений в программном коде и какие. Эту статистику собираем для того, чтобы в будущем выстроить справедливую мотивацию труда.

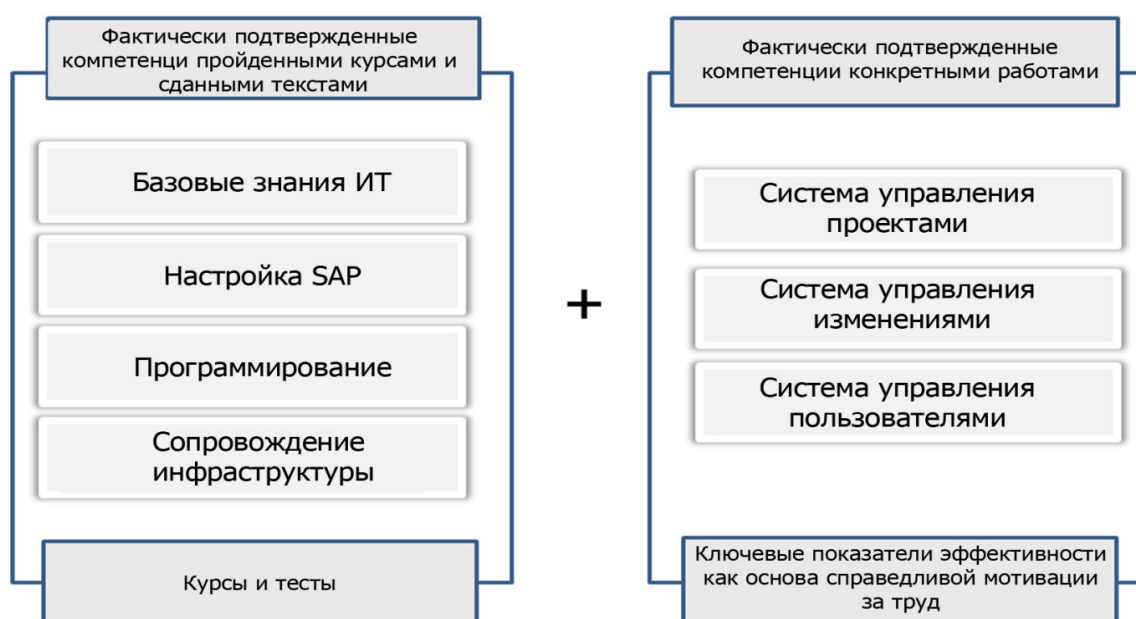


Рисунок 4. Профессиональный кластер модели компетенций

с) Информационно-технологический кластер.

Информационно-технологический кластер — это владение информационными технологиями, знание языков и тому подобное. Кластер содержит курсы и тесты по вышеопределенным темам, а так же информацию о том, как сотрудники учатся и сдают тесты. На совместных узлах доступа имеется удобная система поиска нужных материалов (каталог материалов с последних конференций, проектно-технической документации).

Социально-личностный кластер.

Социально-личностный кластер включает следующие компетенции сотрудника: когнитивные (аналитическое и концептуальное мышление), административные (контроль, директивность), коммуникационные (командная работа, развитие других сотрудников), профессиональные (приобретение и распространение знаний). Мы используем для оценки этих компетенций известный «Метод 360 градусов» анкеты со специально

разработанными вопросами заполняют сотрудники, их коллеги и руководители, дальше по определенной методике высчитывается уровень той или иной компетенции. Подробно методика и результаты ее апробации описаны в статье Анны Смышляевой (стр...). Схематично разделы социально — личностного кластера представлены на рисунке 6.

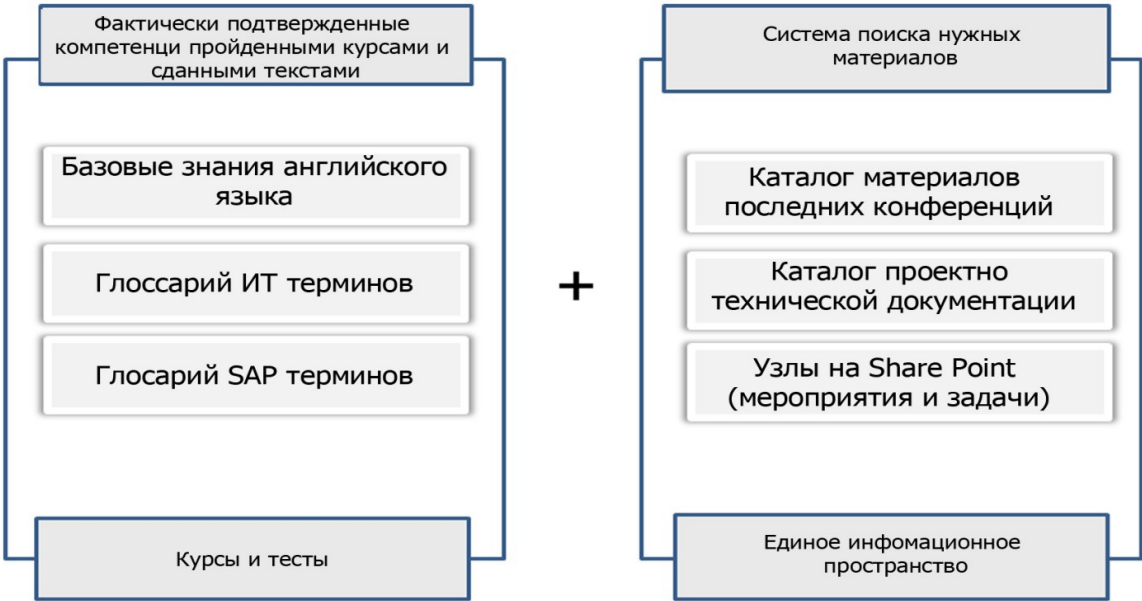


Рисунок 5. Информационно–технологический кластер модели компетенций



Рисунок 6. Социально-личностный кластер модели компетенций

Исходными теоретическими материалами для формирования модели компетенций стали единый тарифно-квалификационный справочник (ЕТКС), национальная рамка квалификаций РФ (НРК), технологический процесс по проектированию и реализации ИТ-решений в ОАО «Сургутнефтегаз». Исходные практические данные из систем управления ИТ-проектами, изменениями, пользователями, плюс результаты аттестаций, экспертные оценки, которые хранятся в системе управления персоналом.

Центральным звеном модели является каталог моделей (профилей компетенций). Он еще в разработке. Проектирование модели компетенций не закончено, но уже известны ее компоненты, источники информации и программные продукты, на которых модель будет строиться.

На рисунке 7 представлены основные блоки и инструменты .

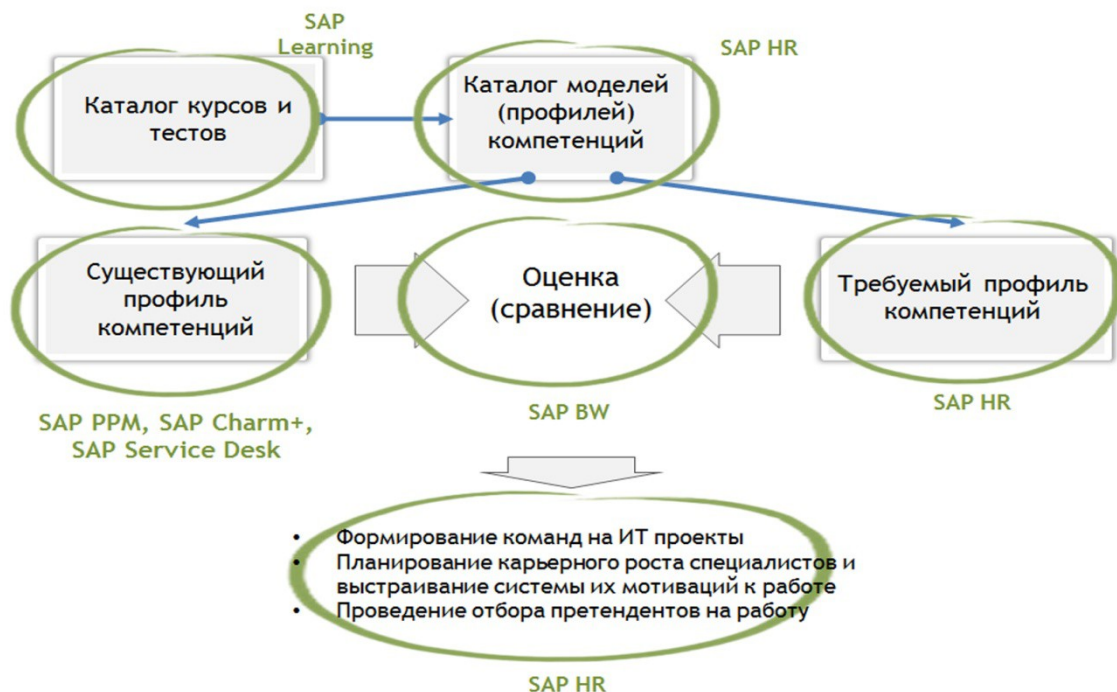


Рисунок 7. Основные блоки и инструменты построения модели компетенций

Сегодня в работе много вопросов. Для каталога компетенций необходимо определить правила ведения, выбрать объекты, на которых его вести? Как собирать и на каких объектах вести существующий профиль и требуемый профиль. Необходимо разработать методику их сравнения, заложить максимально гибкую аналитическую схему в основу. От куда брать данные, как их хранить, обрабатывать в аналитической системе?

Литература

1. http://www.cvets.ru/NQF/StrategyRUS_f-ETF.pdf
2. <http://www.tempus-russia.ru/prep-zayavka/NQF-EC.pdf>
3. http://www.ecompetences.eu/site/objects/download/6163_rusCWA162342Part22010.pdf

4. http://itclub-vologda.ru/sites/default/files/news/attachment/european_ict-skills_information_management_no7_2013.pdf
5. CEPIS and IVI tasked by European Commission to develop ICT Professionalism and enhance mobility of CIOs in Europe. — Press Release, Brussels, January 2011
6. Исследование The Standish group <http://www.standishgroup.com/>
7. <http://www.tadviser.ru/index.php>

Захарова И.В.¹, Кузенков О.А.², Солдатенко И.С.³

¹Тверской государственной университет, г. Тверь, к.ф.-м.н., доцент кафедры математической статистики и системного анализа, zakhar_iv@mail.ru

²Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, к.ф.-м.н., доцент кафедры численного и функционального анализа, kuzenkov_o@mail.ru

³Тверской государственной университет, г. Тверь, к.ф.-м.н., доцент кафедры информационных технологий, soldis@tversu.ru

Проект MetaMath программы Темпус: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Математика, инженерное образование, математическая компетенция, математическая подготовка, система электронного обучения, программа Темпус.

АННОТАЦИЯ

Описываются причины возникновения, задачи, а также ход выполнения проекта MetaMath программы Темпус, целью которого является применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах. Одна из целей проекта – проведение сравнительного анализа квалификационных рамок, предлагаемых Европейским обществом инженерного образования SEFI, а также лучших практик преподавания математических дисциплин в европейских и российских вузах. Рассказывается о примере участия в проекте Нижегородского государственного университета.

Рекомендации по обучению математике SEFI

В 1973 году было создано Европейское общество инженерного образования (European Society for Engineering Education, SEFI) [1-2]. Целью создания данной организации явилось содействие развитию и совершенствованию высшего инженерного образования в Европе, укрепление позиций специалистов-инженеров в обществе, содействие распространению информации об инженерном образовании, улучшению связи между преподавателями, учеными и студентами. SEFI – крупнейшая сеть институтов высшего инженерного образования (HEIs) и педагогов Европы.

Будучи организацией, состоящей из вузов, преподавателей, студентов, ассоциаций и компаний, SEFI объединяет более 1 миллиона студентов и 158 000 академических сотрудников в 48 странах. Для выполнения своей миссии и целей организация реализует различные мероприятия, такие как ежегодные конференции, специальные семинары, тематические практикумы, организует конкретные мероприятия по инженерной тематике с руководством высших учебных заведений, публикуется в Европейском журнале инженерного образования, участвует в европейских проектах, сотрудничает со многими крупными европейскими и международными объединениями и международными органами. Кроме того, SEFI также участвовал в создании инженерных организаций и сетей, таких как ENAEE, IFEEES, Euro-Pace, IACEE, а совсем недавно – и Европейского Совета деканов инженерных факультетов.

По мнению рабочей группы инженерного сообщества, математика является неотъемлемой частью инженерной подготовки. Основная цель работы SEFI – помощь тем, кто создает конкретные квалификационные рамки обучения математике для своих программ подготовки инженеров. В 1992 году вышел первый выпуск рекомендаций SEFI, который содержал полный перечень тем, которые необходимо изучать будущим инженерам на разных ступенях обучения. В 2002 году было опубликовано второе издание, которое привнесло в документ новую идею, а именно, был сформулирован детальный и структурированный перечень результатов обучения (*learning outcomes*). В течение последнего десятилетия рабочей группой SEFI обсуждалась тематика, цели и задачи обучения инженеров высокого уровня, а также необходимые результаты обучения. Итогом этого обсуждения стало опубликование третьего издания документа под названием «*A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*» в 2013 году. Последняя редакция документа устанавливает квалификационные рамки для учебных планов математических дисциплин, содержит уровни и цели обучения, разделы о преподавании математики, формах оценивания, описание результатов обучения.

Математическая компетенция, с точки зрения разработчиков SEFI, означает способность к пониманию, суждению, применению математики в различных внутренних и внешних математических контекстах и ситуациях, в которых математика играет или может играть роль [3, стр. 6-7]. Эта компетенция включает в себя 8 составляющих, которые представлены на Рис. 1.

Эти компетенции перекрываются, т.е. аспекты одной компетенции могут быть необходимы и в другой, но, так как они подчеркивают различные нюансы, их разделяют. При этом 8 компетенций подразделяются на 2 группы. Первая группа (*thinking mathematically, reasoning mathematically, posing and solving mathematical problems, modelling mathematically*) отвечает за способность задавать и отвечать на вопросы внутри математики и связанные с математикой, в то время, как вторая

группа (representing mathematical entities, handling mathematical symbols and formalism, communicating in, with, and about mathematics, making use of aids and tools) соотносится со способностью владеть и управлять математическим языком и инструментами.

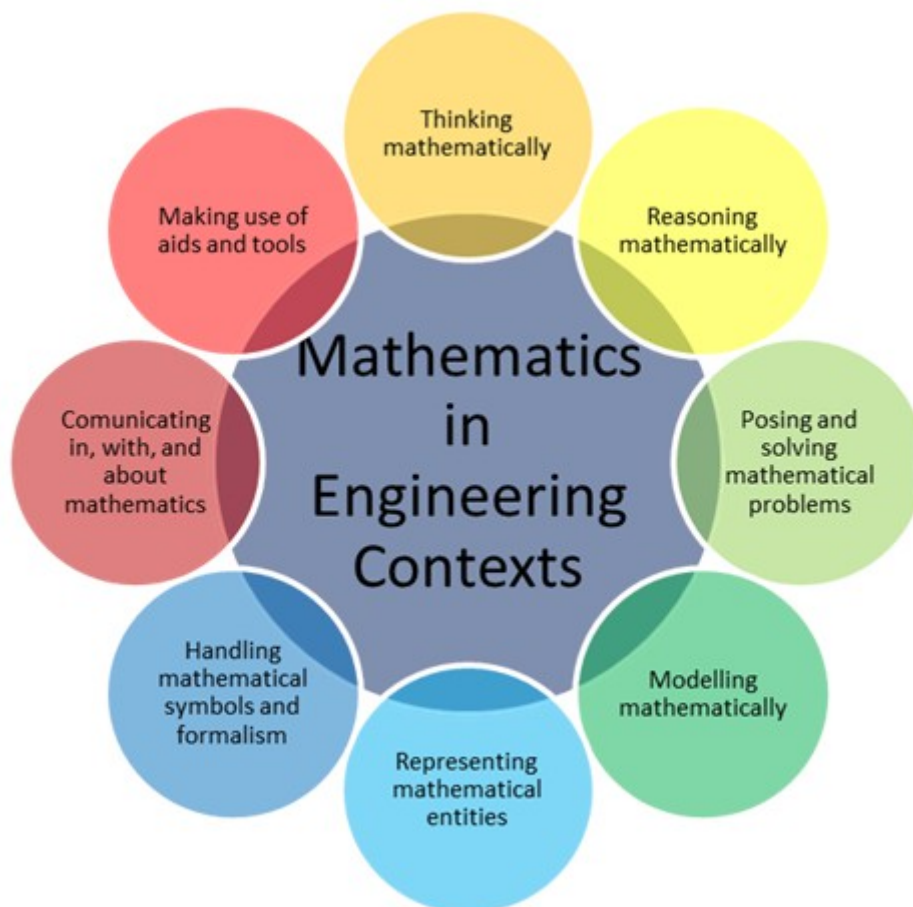


Рис.1. Составляющие математической компетенции согласно SEFI

Результаты обучения представлены в виде структуры, имеющей 4 уровня (Рис. 2). Эти уровни представляют собой попытку изобразить иерархически процесс изучения математики для инженерных направлений подготовки. Нулевой уровень (Core Zero) означает наличие предварительных необходимых знаний, умений и навыков, которыми должен обладать студент до момента начала обучения по инженерной программе. Этот уровень содержит материал, который образует прочную платформу, на которой строится изучение математических курсов для инженерных направлений в университетах и высших школах, и допускаются лишь незначительные упрощения в знании и понимании материала указанного уровня. Данный материал сгруппирован по пяти дисциплинам:

- алгебра;
- математический анализ и исчисления;
- дискретная математика;
- геометрия и тригонометрия;

- статистика и теория вероятностей.

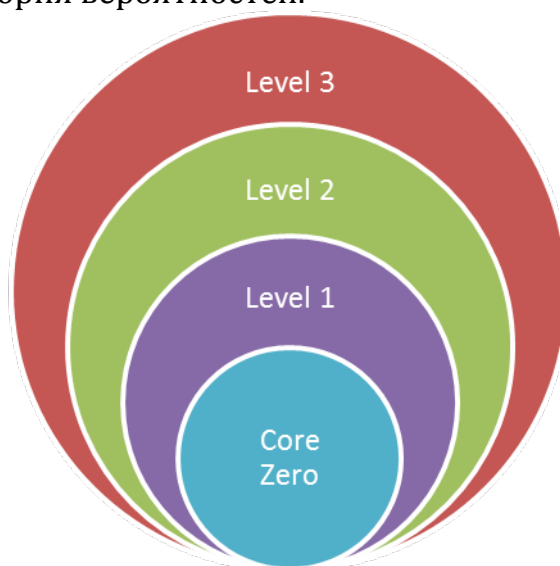


Рис.2. Структура процесса изучения математических дисциплин согласно SEFI

Для анализа наличия и качества предварительных знаний, умений и навыков, как правило, проводится входное тестирование, которое позволяет многим вузам организовать процедуру ликвидации пробелов в знаниях.

Базовый уровень 1 включает знания и навыки, которые лежат в основе инженерной науки и считаются необходимыми для большинства выпускников инженерных направлений подготовки. Материал на этом уровне опирается на Core Zero и считается основой для всех инженерных дисциплин, так как обеспечивает глубокое понимание многих математических принципов. Следует отметить, что акцент, сделанный на определенные темы в рамках первого уровня, может отличаться в зависимости от инженерной дисциплины.

Уровень 2 включает специализированные или передовые знания и навыки, которые считаются необходимыми для отдельных инженерных дисциплин. Материал этого уровня опирается на фундамент уровня 1, и его не следует считать важным для каждого будущего инженера.

Уровень 3 содержит высокопрофессиональные знания и навыки, которые связаны с продвинутым уровнем обучения, и включает математическую теорию и ее интеграцию с реальными примерами инженерных задач. Передовые современные методы решения инженерных задач построены на фундаменте, заложенном Уровнями 1 и 2. Специализированный характер этих методов и важность их применения в инженерных приложениях дает меньше возможностей для подробного определения результатов обучения (как дано для других уровней). По этой причине SEFI приводит только перечень общих тематических рубрик. Этот материал будет преподаваться в конце обучения.

Проект Темпус MetaMath

В конце 2013 года еврокомиссия одобрила выделение средств на

выполнение проекта в рамках программы Tempus IV под названием «Modern Educational Technologies for Math Curricula in Engineering Education of Russia», или сокращенно MetaMath [4]. В переводе на русский язык название проекта звучит так: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах. Номер проекта – 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR, сроки его выполнения: 01.12.2013 – 30.11.2016.

В консорциум проекта входит 4 участника из Европы и 6 из России:

- Ассоциация инженерного образования России;
- Тверской государственный университет;
- Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского;
- Казанский государственный технический университет;
- Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева;
- Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина);
- Университет технологий Тампере;
- Университет Саарланда;
- Первый Лионский университет Клода Бернара;
- Немецкий исследовательский центр искусственного интеллекта.

Причины возникновения подобного проекта лежат в тех проблемах и вызовах, с которым столкнулось современное инженерное образование, причем не только в России, но и по всему миру.

К этим проблемам можно, во-первых, отнести глобальные изменения в мире, которые безусловно затронули в том числе и образование. Скорость обновления инженерных знаний и компетенций неуклонно растет, постоянно появляются новые навыки, требуемые от специалистов, а существующие устаревают. Нередки ситуации, когда какая-то технология или даже дисциплина устаревают раньше, чем студент заканчивает четырехлетний курс обучения в университете. Инженерные проблемы изменяются в связи с проникновением технологии во все сферы нашей жизни, так как системы становятся все сложнее и взаимосвязаннее, а решение таких проблем требует новых подходов, учитывающих не только технические аспекты, но и социальный, экологический, и целый ряд других.

Во-вторых, существует очень острая проблема высокого процента отчисления с первых курсов инженерных и естественнонаучных направлений. В США почти 40% студентов инженерных специальностей не заканчивают обучение, либо меняют специальность, а в Европе процент студентов, преждевременно прекративших обучение, для инженерных дисциплин колеблется от 15% до 40%.

В российских вузах, особенно региональных, аналогичная ситуация. Это связано с тем, что абитуриенты, поступающие на соответствующие

направления, недооценивают роль и место математики в выбранном ими образовании. Часто у будущих студентов бытует мнение, что химику, физику или программисту математика не нужна. В результате, сталкиваясь на первом курсе с такими дисциплинами, как математический анализ, теория вероятностей и математическая статистика, теория дифференциальных уравнений и другими, не все оказываются в состоянии продолжать обучение. Все также усугубляется разницей в уровне математических курсов между университетом и школой.

При этом многочисленные исследования показали, что уровень математических знаний является основным фактором, определяющим успешность обучения по инженерным специальностям, так как математика – ключевой предмет в инженерном образовании.

Именно на решение этой проблемы и направлен проект MetaMath. Его основная цель – попытаться сделать так, чтобы математика перестала восприниматься студентами как сложная, неочевидная, «ненужная» наука, а чтобы она была таким же понятным и естественным инструментом в процессе обучения инженерному делу, как, например, компьютер.

Для выполнения этой цели в рамках проекта предполагается изучить структуру, глубину и сам процесс изучения математики в российских и европейских вузах, провести сравнительный анализ, по результатам которого выработать рекомендации по внедрению лучших практик в образовательный процесс российских вузов. Одним из инструментов для решения поставленных задач также будет служить программный комплекс Math-Bridge – интеллектуальная система для изучения математики онлайн. Российские вузы должны будут локализовать контент учебных курсов по некоторым дисциплинам и попытаться внедрить их в учебный процесс в качестве вспомогательного инструмента для освоения математических дисциплин.

Данная система строит индивидуальную траекторию обучения студента, автоматически выстраивая материал в соответствии с уровнем его математической подготовки и прогрессу освоения предложенных тем.

Структурно проект MetaMath состоит из трех этапов. На первом этапе осуществляется обмен опытом и сравнительный анализ математической подготовки в российских и европейских вузах. В частности, решаются следующие задачи:

- разработка методологии сравнительного анализа математических курсов в европейских и российских вузах;
- попарный сравнительный анализ ряда математических курсов по схеме европейский курс – соответствующий российский курс;
- выработка рекомендаций по усовершенствованию (структурному/ педагогическому/технологическому) математических учебных планов;
- определение областей в учебных планах, где было бы наиболее

полезно внедрение электронных средств обучения.

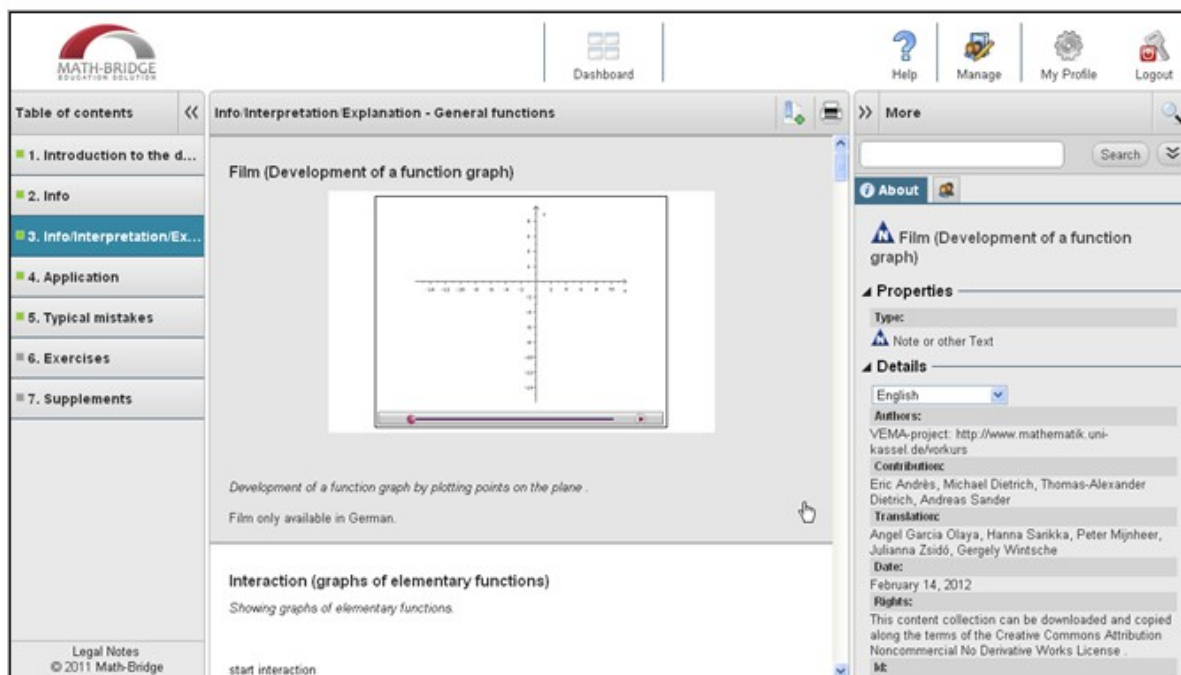


Рис.3. Интеллектуальная система электронного обучения Math-Bridge

Второй этап посвящен модернизации учебных планов в российских вузах. Каждый российский ВУЗ, участвующий в проекте, должен будет выбрать и модифицировать 2 учебных плана по математическим дисциплинам, причем особое внимание будет уделяться внедрению системы Math-Bridge. Math-Bridge будет локализован, а технический и преподавательский персонал будут обучены его использовать.

Во время третьего этапа запланировано внедрение модифицированных учебных планов в учебный процесс и оценка результатов. Для этого, в частности, учебный материал модифицированных курсов будет (частично) перенесен в систему Math-Bridge. Результаты исследования будут проанализированы и распространены.

В настоящее время подходит к концу первый проектный год. В течение первого года были проведены три ознакомительных визита в европейские вузы, во время которых делегации из российских университетов познакомились с опытом преподавания математических дисциплин своих западных коллег:

- ознакомительный визит в технологический университет Тампере, Финляндия (26-27 июня 2014 г.);
- ознакомительный визит в университет Саарланда, Германия (11-12 сентября 2014 г.);
- ознакомительный визит в первый лионский университет Клода Бернара, Франция (13-14 октября 2014 г.).

Результаты выполнения первого этапа проекта будут доложены на двух отчетных конференциях. Первая пройдет в Нижегородском государственном университете имени Н.И. Лобачевского 10-11 ноября 2014

г. и на ней будут подведены итоги анализа российской практики преподавания математических дисциплин. Вторая конференция будет проходить в Казанском государственном техническом университете 8-10 декабря 2014 г. На ней планируется представить результаты сравнительного анализа российского и европейского опыта преподавания математики, в том провести сравнение с методологией, предлагаемой Европейским обществом инженерного образования SEFI, а также обсудить возможность модернизации выбранных учебных планов российскими вузами на втором этапе выполнения проекта с учетом полученных результатов.

О выполнении проекта MetaMath Нижегородским университетом

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского (ННГУ) является активным участником проекта MetaMath. Одной из основных задач участия ННГУ в этом проекте является совершенствование математической подготовки в рамках инженерных направлений «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (ФИИТ) и «Прикладная информатика» (ПИ), реализуемых на факультете вычислительной математики и кибернетики ННГУ.

Следует отметить, что Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского является национальным исследовательским университетом и благодаря этому имеет право на разработку самостоятельно устанавливаемых образовательных стандартов. В 2010 году первый такой стандарт ННГУ был разработан для подготовки бакалавров по направлению ФИИТ, в 2011 году – для подготовки бакалавров по направлению ПИ и магистров по направлению ФИИТ, в 2013 году – для подготовки магистров по направлению ПИ.

Одним из основных принципов формирования этих стандартов, как федеральных государственных стандартов третьего поколения, является компетентностный подход. При этом необходимость математической подготовки отражена в стандартах в двух компетенциях – общекультурной: «Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу»; и профессиональной: «Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и основные законы естествознания».

Содержание всех компетенций детализируется в картах компетенций, которые предлагают их описание через набор индикаторов, которые показывают конкретные качественные аспекты освоения каждой компетенции. Кроме этого определяются несколько уровней освоения каждой компетенции. На каждом уровне количественная степень освоения каждого индикатора характеризуется дескрипторами. Чаще всего для построения карты каждой компетенции используются пять индикаторов, два-три уровня мастерства и пять дескрипторов.

Рассмотрим карту профессиональной компетенции, имеющей непосредственное отношение к математической подготовке «Способность

понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат и основные законы естествознания».

Для нее в карте определяются три уровня сформированности (мастерства):

- уровень технической грамотности;
- уровень понимания концепций, способности их использования;
- уровень эксперта.

В рамках этой компетенции в стандарте выделяется подкомпетенция «Способность понимать концепции и использовать на практике базовые математические дисциплины». Для нее определяются четыре индикатора (качественных характеристики):

- знать основы математических дисциплин;
- уметь доказывать математические утверждения;
- уметь решать математические задачи;
- владеть профессиональным языком предметной области знания.

Для каждого уровня содержательная часть индикаторов раскрывается по-разному. Она приводится в следующей таблице.

Таблица 1. Карта профессиональной компетенции

Уровни мастерства (сформированность и компетенции)	Индикаторы	Основные признаки уровня
Уровень технической грамотности	Знает основы математических дисциплин	дает определения основных понятий
		воспроизводит основные математические факты, идеи
		распознает математические объекты
		понимает связи между различными математическими понятиями
	Умеет доказывать математические утверждения	умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
	Умеет решать математические задачи	знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
Владеет профессиональным языком предметной области		владеет терминологией предметной области знания
		интерпретирует знания предметной области

Уровень понимания концепций, способности их использования:	Знает основы математических дисциплин	даёт определения основных понятий
		воспроизводит основные математические факты, идеи
		распознаёт математические объекты
		понимает связи между различными математическими понятиями
		имеет представление о математических структурах
		имеет представление об основных математических методах (аксиоматический, метод математического моделирования)
	Умеет доказывать математические утверждения	применяет основные методы доказательства утверждений (от противного, математической индукции и др.)
		умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания
		демонстрирует доказательства теорем и объясняет их ход
	Умеет решать математические задачи	знает основные методы решения типовых задач и умеет их применять на практике
		аргументирует выбор метода решения задачи; составляет план решения задачи
		графически иллюстрирует задачу
оценивает достоверность полученного решения задачи		
Владеет профессиональным языком предметной области	владеет терминологией предметной области знания	
	способен корректно представить знания в математической форме	
	владеет разными способами представления математической информации (аналитическим, графическим, символическим, словесным и др.)	
	интерпретирует знания предметной области	
Уровень эксперта	Знает основы математических дисциплин	понимает широту и ограниченность применения математики к исследованию процессов и явлений в природе и обществе

		устанавливает связи между математическими идеями, теориями, дисциплинами и т.д.
		оценивает математическую корректность различной информации в СМИ, научно-популярной литературе и др.
	Умеет доказывать математические утверждения	понимает границы использования математических методов
		выделяет главные смысловые аспекты в доказательстве
		распознает ошибки в рассуждениях
	Умеет решать математические задачи	понимает различие требований, предъявляемых к доказательствам в математике, естественных, социально-экономических и гуманитарных науках, на практике
		применяет методы решения задач в незнакомых ситуациях
		разрабатывает математические модели реальных процессов и ситуаций
		оценивает различные методы решения задачи и выбирает оптимальный метод
	Владеет профессиональным языком предметной области	применяет компьютерные математические программы при решении задач
		корректно переводит информацию с одного математического языка на другой
		критически осмысливает полученные знания
способен проявить математическую компетентность в различных ситуациях (работа в междисциплинарной команде)		
		способен передавать результат проведенных исследований в виде конкретных рекомендаций в терминах предметной области знания

Если сопоставить содержание этой компетенции с соответствующей системой общих компетенций математической подготовки документа SEFI, то можно заметить их согласованность друг с другом. Практически все аспекты освоения математики, отмеченные в SEFI, нашли отражение в фрагментах карты профессиональной компетенции ННГУ.

В рамках проекта MetaMath каждый вуз-участник выбрал одну из математических дисциплин для сопоставления опыта преподавания ее в российских и западноевропейских вузах. Для ННГУ такой дисциплиной является «Математический анализ» (Calculus). Сопоставление осуществлялось с Технологическим университетом Тампере, университетом земли Саар и университетом Лиона.

Сопоставление учебных планов и программ соответствующих дисциплин позволило выявить две основополагающие традиции преподавания математики в рамках инженерно-технической подготовки:

- стремление научить студентов, как нужно делать, то есть сообщить основные факты и алгоритмы решения типовых задач, необходимые в инженерной практике;
- стремление научить студентов понимать, как это нужно сделать, то есть сообщить понимание основных принципов и логической структуры математических знаний с последующим умением применять полученные знания на практике.

При этом имеет место существенное различие и в трудоемкости математических курсов в рамках учебного плана: при реализации первого принципа обучения трудоемкость существенно меньше, чем во втором.

Первый принцип обучения характерен для Технологического университета Тампере, второй – для университета Лиона.

Традиции российской высшей школы и ННГУ в частности в большей степени реализуют второй подход в обучении. В этом плане наиболее ценен для нас опыт университета Лиона, использование которого могло бы способствовать повышению качества образования в ННГУ.

Важным аспектом проекта MetaMath является возможность использовать электронную обучающую систему Math-Bridge в математической подготовке студентов. В ННГУ проводится работа по внедрению электронных средств обучения для поддержки математических курсов. В частности, ведется работа по созданию материалов дистанционного обучения для бакалавров 1-4 курсов. Интересен опыт внедрения таких материалов в реальный учебный процесс. В 2013-2014 учебном году ученый совет факультета ВМК принял решение о проведении обязательного тестирования для студентов 1 курса по основным математическим предметам – математическому анализу, геометрии и алгебре, дискретной математике. В течение семестра студенты должны были пройти два теста. Прохождение теста рассматривалось как неотъемлемый элемент выполнения учебного плана. Для тех студентов, которые не смогли пройти тест с первого раза, предусматривалась возможность пересдачи. Студенты, не прошедшие тесты, не допускались до устного собеседования с преподавателем на экзамене.

По математическому анализу тесты можно было проходить дистанционно, при этом студенты могли пользоваться любыми

источниками (конспектами лекций, учебниками). В течение 2 часов каждый студент должен был ответить на 20 вопросов, набор которых формировался индивидуально автоматически системой тестирования. Успешно сданным считался тест, если процент правильных ответов был выше 80.

На практике с первого раза успешно сдать тест смогли лишь единицы (3 человека из 70). Тест пересдавали пять раз. С каждым разом процент успешно прошедших увеличивался, пока, наконец, его не сдали все. Следует отметить, что при этом не расходовалось время преподавателя, возросла заинтересованность студентов в учебном материале, что впоследствии отразилось на повышении успеваемости в сессию.

Полученный опыт показывает, что ННГУ имеет хорошие перспективы внедрения системы Math-Bridge в учебный процесс.

Проект MetaMath профинансирован при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы Темпус (№ гранта: 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR). Эта публикация отражает исключительно взгляды авторов. Комиссия не несет ответственности за любое использование информации, содержащейся здесь.

Project MetaMath has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Литература

1. European Society for Engineering Education [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/European_Society_for_Engineering_Education
2. Официальный сайт Европейского общества инженерного образования [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sefi.be>.
3. Niss M. University mathematics based on problem-oriented student projects: 25 years of experience with the Roskilde model / In The Teaching and Learning of Mathematics at University Level. Ed. by D. Holton. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2010. Pp. 153-165.
4. Официальный сайт проекта MetaMath [Электронный ресурс]. URL: <http://www.metamath.eu>.

**СЕКЦИЯ 2. E-LEARNING, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ОБРАЗОВАНИИ**

Алексеева В.О.¹, Малкина М.Г.²

¹ООО «Индиго» (IBS Group), г.Москва, к. ф. н., директор департамента научно-методической и редакционной работы, VAlekseeva@INDIGOS.COM

²ООО «Индиго» (IBS Group), г.Москва, директор партнерских программ, MMalkina@INDIGOS.COM

Проблема качества электронных образовательных ресурсов и их эффективного использования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Педагогика, электронные образовательные ресурсы, теория множественного интеллекта, таксономия образовательных целей.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются основные особенности существующих электронных образовательных ресурсов и критерии оценки их качества. Рассмотрены возможности применения теории множественного интеллекта и таксономии образовательных целей для повышения продуктивности обучения с использованием электронных образовательных ресурсов.

Традиционные образовательные технологии, несмотря на проверенную временем результативность, не всегда эффективно решают актуальные дидактические проблемы в рамках системы массового образования. Хотя концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации предполагает рост индивидуализации в рамках развития системы общего образования [13], её возможности весьма ограничены в условиях увеличения числа учащихся на 1 учителя (данные Госкомстата за последние 5 лет показывают устойчивое увеличение этого отношения с 9,8 в 2008 году до 13,1 в 2012 году [16]) и существующих планов оптимизации в сфере образования («дорожная карта» предусматривает увеличение этого отношения с 10,9 в 2012 году до 13 в 2018 году [12], но данный показатель уже превышен и имеет тенденцию к росту), т.е. с каждым годом учитель имеет всё меньше возможности уделить внимание конкретному ученику, единственному не усвоившему определённую тему. В этих условиях выходом из отмеченной ситуации должно стать развитие информационных технологий, направленных на более рациональное использование кадрового потенциала и снижающих участие учителя в решении индивидуальных проблем учащихся.

Использование электронных образовательных ресурсов — ЭОРов — может быть выходом из этой ситуации, когда ученик не находит в учебнике необходимую информацию или нуждается в дополнительных

методических и/или дидактических приемах. В исследованиях, посвящённых внедрению в образование информационных технологий, неоднократно отмечалось, что, при их неспособности полностью заменить традиционные элементы обучения, одним из основных преимуществ ЭОРов является расширение возможностей индивидуализации образования [5, 77; 17, 62]. При этом уменьшение возможности обращения к учителю как консультанту при построении индивидуальной образовательной траектории оставляет ученика одного перед морем различающихся предназначением и качеством ЭОРов, разобраться в котором крайне непросто [15, 3]. На современном российском рынке электронного образовательного контента выделяются 4 основных способа разработки ЭОРов, каждый из которых осваивает собственный канал распространения — в рамках госзаказа; в качестве приложения к учебнику, разработанного его же издателем; в качестве коммерческого продукта, разработанного специализированной фирмой и, наконец, разработанного самими учителями [2]. При этом наиболее структурированными и соответствующими образовательным стандартам, на первый взгляд, являются свободно распространяемые ЭОРы, разработанные в рамках госзаказа для централизованных образовательных коллекций, но в действительности именно коммерчески распространяемые ЭОРы, разработанные специализирующимися на электронном контенте издательскими фирмами лучше используют возможности новых технологий при сохранении необходимых для развития образования стандартов качества [14, 79-80]. И именно этот тип ЭОРов представлен крайне несистематизированно — в виде серий и отдельных продуктов, выпускаемых конкурирующими издательствами.

Необходим поиск доступного для ученика выхода из описанной ситуации, создание системы по систематизации наиболее качественного сегмента рынка ЭОРов. Эта система должна быть направлена на максимальное удовлетворение образовательных потребностей ученика, предлагая ему электронный контент, соответствующий используемому им учебнику и гармонирующий с уровнем подготовки учащегося. Соответствие используемому учебнику особенно важно, если предполагается использование ЭОРа в качестве вспомогательного, а не основного средства обучения относительно системообразующего элемента российской системы среднего образования — учебника, входящего в Федеральный перечень, рекомендованный Минобрнауки. Такое соответствие может быть установлено благодаря созданию универсального мультипредметного рубрикатора, отражающего все понятия, изучаемые в рамках школьной программы, индексации в соответствии с этими понятиями всех учебников, включённых в федеральный перечень, и последующей индексации включаемых в информационно-образовательную систему ЭОРов. Соответствие понятий, покрываемых ЭОРов, понятиям, покрываемых учебником, будет означать релевантность конкретного ЭОРа конкретному

учебнику.

Велика вероятность, что полное содержательное соответствие одному учебнику может быть установлено для нескольких ЭОРов сразу. Хотя фактор содержания должен являться определяющим при обращении ученика к данному ЭОРу, встаёт задача выбора между несколькими ЭОРа́ми, и здесь важен вопрос качества ЭОРа. Качественный ЭОР должен соответствовать единым критериям экспертной оценки, однако существующие в России критерии сосредоточены больше на технической стороне вопроса — уровне интерактивности, мультимедийности и его функциональности [4]. При всей важности этих критериев важны такие параметры, как уровень изложения теории, уровень наглядности примеров, количественные и качественные характеристики упражнений для отработки материала и проверочных тестов. Идеальный ЭОР покрывал бы все образовательные потребности, если бы он включал все возможные содержательные элементы и получил бы максимальную оценку по всем обозначенным выше критериям, однако таких ЭОРов ещё не создано. ЭОР может быть полезен в разных ситуациях и признан хорошим как при отсутствии теоретического материала, так и при сжатии теории до таблиц или схем, или же при подробном изложении теории, включающем в максимальном своём выражении и дополнительные к изучаемым по школьной программе материалы.

Точность определения качества ЭОРа во многом зависит от используемой схемы оценки метаданных. Поскольку существующие в нашей стране схемы стандартизации ЭОРов не учитывают специфику учебных объектов, а учитывающие её зарубежные стандарты, такие как LOM (Learning Object Metadata), разработанный IEEE LTSC, излишне громоздки и не являются функционально международными, необходимо построение собственной схемы оценки метаданных, простой и учитывающей все слои учебного объекта — содержательный, технический, программный и педагогический [11, 119-129]. Какие же характеристики ЭОРа как учебного объекта являются определяющими с методической точки зрения?

Прежде всего, необходимо определение эффективности ЭОРа с точки зрения возрастных особенностей ребёнка [10, 8]. Хотя ряд производителей заявляет чёткое соответствие ЭОРа определённому возрасту или классу ученика, экспертиза обнаруживает неверность заявленных характеристик. С другой стороны, качественный ЭОР, содержащий материал, изучаемый в 8 классе, может использоваться при недостаточном усвоении этой базы и в 9 классе, при повторном прохождении этого материала в 10 классе и при подготовке к ЕГЭ в 11 классе. Стоит учитывать и отсутствие единства между авторами различных учебников в последовательности изучения материала. Эти факторы повышают вариативность определяемых экспертами метаданных, отражающих возрастные характеристики ЭОРов.

Не столь однозначным является и определение соответствия ЭОРа

школьному предмету. Большинство ЭОРов имеет ярко выраженную предметную направленность, но систематичность и последовательность обучения предусматривает учёт в ЭОРе межпредметных связей изучаемого материала [7, 135]. В этом случае можно выделить основной предмет и те, с которыми обеспечиваются межпредметные связи. В случае, если ЭОР лишь обозначает наличие таких связей, в метаданные следует вносить только основной предмет, а для дополнительных использовать соответствующие понятия мультипредметного рубрикатора. С другой стороны, существует ряд ЭОРов, имеющих большую ценность в качестве источника дополнительной по отношению к школьной программе информации. Для таких ЭОРов основным предметом может являться не школьный предмет, а одна из областей знания, входящих в категорию «Досуг и хобби» или один из видов игр, охватываемых категорией «Занимательный контент».

Наиболее важной с методической точки зрения является категория метаданных, отражающая полноту представленных в ЭОРе теории и практических заданий. Представление теории может быть оценено как подробное, краткое или отсутствующее. Подробное изложение теории маркирует качество ЭОРа, помогающего пропустившим урок, заменяющего репетитора, используемого за рамками школьной программы. Краткое изложение теории является достоинством ЭОРов, используемых при повторении, тренажёров. Пояснения теории, примеры могут быть оценены как хорошие, плохие или отсутствующие. При первичном изучении материала на школьных уроках качественный ЭОР должен содержать только хорошие примеры, но в ЭОРах, предназначенных для подготовки к экзаменам, допустимы и плохие примеры, поскольку теория в целом должна быть усвоена до начала работы с подобными ЭОРами. Упражнения, облегчающие усвоение материала, могут присутствовать в ЭОРе или отсутствовать, при этом присутствующие упражнения могут быть ранжированы экспертами по вариативности, методической эффективности и разнообразию их типов. К примеру, задолжнику помогут научиться справляться с типовыми задачами ЭОРы, содержащие однотипные и не очень полезные, но очень вариативные упражнения, тогда как ученику, рассчитывающему на высокую оценку, следует рекомендовать разнотипные и полезные ЭОРы, хотя многообразие вариантов для него может быть и излишним. Контролировать усвоение материала призваны тесты, которые, в случае их обнаружения в ЭОРе, оцениваются в категориях вариативности, методической эффективности, разнообразия типов и наличия рекомендаций для повторения материала. Тесты должны присутствовать в качественном ЭОРе, предназначенном для пропустивших урок, работы над ошибками, изучения иностранного языка и подготовки к экзаменам и тестированиям. При этом в случае самостоятельной подготовки без репетитора критично наличие рекомендаций для повторения, тогда как в других случаях качественным может быть признан ЭОР, их не содержащий.

К содержательному слою оценки ЭОРа относятся метаданные, описывающие его предназначение. Ключевым параметром здесь является углубленность. ЭОР может соответствовать школьной программе и быть использован на уроках или при подготовке к ним дома. ЭОР может быть нацелен на подготовку к экзаменам, предоставляя возможность моделирования экзаменационных заданий в качестве своего основного элемента. ЭОР, содержащий материал, выходящий за рамки школьной программы, но используемый при подготовке к олимпиаде, написании реферата, создании презентации, следует отнести к контенту, предназначенному для дополнительного изучения. В образовательных целях может использоваться и игровой контент, как облегчающий усвоение знаний в облегчённой и увлекательной форме, так и развивающий личностные качества. Наконец, особым типом контента с точки зрения углубленности являются ЭОРы, основным элементом которых является справочный материал — калькуляторы, словари, справочники, энциклопедии.

Педагогически-психологический акцент в рамках этой парадигмы приобретает и экспертиза технической составляющей ЭОРов: ориентируясь на требования госэкспертизы к интерактивности и мультимедийности, экспертам следует проводить оценку в рамках категорий графики и мультимедийности. ЭОРы, графика которых оценивается как низкокачественная, имеют непривлекательный дизайн, бедный иллюстративный ряд с преобладанием текста и таблиц. Контент, не имеющий ярко выраженных признаков плохого дизайна, хотя и не использующий в полной мере аппаратные возможности компьютера при воспроизведении анимации, цветовое решение которого не вызывает отторжения, считается имеющим нормальный уровень графики. Наконец, высококачественная графика характерна для ЭОРов, обладающих сдержанным и привлекательным дизайном и содержащих оригинальные и хорошо проработанные иллюстрации, фото- и видеоматериалы. Поскольку в «Единых требованиях к электронным образовательным ресурсам» ясно определён порог минимально допустимых требований к ЭОРам, а определяет качество их содержательная и педагогическая, а не техническая сторона, то метаданные, относящиеся к мультимедийности, должны лишь отражать наличие или отсутствие в ЭОРе аудио- и видеоматериалов, статичных и динамических графических элементов, признаков интерактивности и интерактивной игры. Максимальная оценка в рамках этих категорий метаданных означает высокий уровень качества для ЭОРов, предназначенных для развития личности и удовлетворения её потребности в отдыхе.

Проблема контроля качества ЭОРов может решаться несколькими различными способами, различающимися составом экспертов, среди которых наименее используемым, но имеющим наибольший потенциал является экспертная оценка, проводимая администрацией электронной

библиотеки/информационно-образовательной среды [1, 61]. Встречаются предложения в рамках такой экспертной оценки проводить инспектизу (оценку соответствия характеристик ЭОРа заявленным производителем) и собственно экспертизу (оценку релевантности ЭОРа учебному процессу) [9], однако инспектиза может быть актуальной только в условиях госзаказа, вызывая излишние затраты времени экспертов в нашем случае. Менее разработанным считается путь пользовательской оценки контента, но этическая сторона данного вопроса предполагает её вовлечение не ранее чем на последнем этапе экспертизы [6], что может быть реализовано в виде пользовательских комментариев, отражающих эмоциональные характеристики восприятия ЭОРов.

Поскольку идеальных ЭОРов не существует, оценённые в результате вышеописанной экспертизы ЭОРы должны быть предложены ученику в максимально отвечающей его потребностям форме. В первом приближении для определения его потребностей ученик должен ответить на вопросы об используемом в качестве основного учебнике, изучаемой теме или интересе к конкретной проблеме, и уровне своей подготовки. Проанализировав его ответы, информационно-образовательная система автоматически выдаст список соответствующих ЭОРов, ранжируя их согласно оценке экспертов. Однако опора на эти формализованные критерии может сослужить ученику плохую услугу, если не будут учтены его психологические особенности.

В исследованиях возможностей, открываемых информационными технологиями для индивидуализации образования отмечается, что большинство существующих ЭОРов не могут в полной мере удовлетворить потребности в индивидуализации из-за ряда недостаточной интерактивности, уровня методической эффективности и шаблонности построения [18]. Среди современных педагогических технологий, направленных на рост индивидуализации в образовании, наиболее популярна теория множественного интеллекта Г. Гарднера, предполагающая наличие у каждого человека индивидуального интеллектуального профиля, специфическим образом сочетающего 8 видов независимых интеллектов (музыкальный, телесно-кинестетический, логико-математический, языковой, пространственный, межличностный, внутриличностный, естествоиспытательный и экзистенциальный), каждый из которых предусматривает особый стиль обучения и оценивания его результатов [23]. Несмотря на критику этой теории [28; 29], её развитие идёт с упором на практическое применение — исследования корреляции интеллектов, факторный анализ и развитие инструментов оценки [35], применение в школе [20], соотнесение интеллектов и стилей в обучении [34] и учёт культурной специфики при внедрении теории множественного интеллекта [22]. Внедряют её и в обучение с помощью информационных технологий, однако оно происходит преимущественно при дистанционном обучении, которое подходит не для всех интеллектуальных профилей [27]. Хотя ЭОРы создаются и без учёта адаптации к психологическим

характеристикам учеников, возможно выявление их характеристик, которые в той или иной степени могут быть лучше соотнесены с различными типами интеллекта — характеристик, связанных с путями множественной подачи информации (повествовательный, логический, количественный, экзистенциальный, эстетический, эмпирический, совместный). Так, ЭОР, предлагающий повествовательный путь подачи информации, может быть охарактеризован в категориях наших метаданных как обладающий подробно изложенной теорией и хорошими примерами, но видеоматериалы, графические элементы и интерактивность при этом могут отсутствовать, тогда как для экзистенциального пути важнее будут максимальная оценка упражнений и хорошие показатели мультимедийности.

Поскольку существующие ЭОРы зачастую критикуются в контексте индивидуализации образования за сосредоточенность на информационном содержании, а не путях обучения, при оценке их психологических характеристик важно учесть вычленение этапов на множественных путях познания в рамках таксономии образовательных целей Б. Блума и Л. Андерсона [19; 21], детализирующей иерархию познавательной сферы (запоминание — понимание — применение — анализирование — оценивание — созидание). Применение таксономии Блума — Андерсона в современном образовании весьма широко, от оценивания качества обучения в традиционной форме [8, 84] до использования при подаче материала учителями и разработчиками ЭОРов [25].

Существуют различные пути синтеза идей Г. Гарднера и Б. Блума. Один из них предложен Т. Ноублем и отводит каждой из образовательных технологий своё место в организации учебного процесса: поскольку технология множественного интеллекта учитывает сильные стороны разных учеников и развитие у них осознанного обучения, то она используется в качестве инструмента для расширения знаний учеников, тогда как технология таксономии образовательных целей, учитывающая способности разных учеников и стимулирующая учеников думать, используется в качестве инструмента для углубления их знаний [30]. Практические выгоды синтеза этих технологий стали очевидны после усиления акцента на действии, выраженном глаголом, в обновлённой таксономии Блума — Андерсона. Так, Р. Пироццо была построена матрица, основанная на сочетании видов деятельности, свойственной множественным интеллектам и способов действия, соответствующих образовательным целям [33]. Подобные матрицы используются при создании планов уроков на основе цифровых технологий, где каждому сочетанию вида интеллекта и образовательной цели соответствует определённый набор заданий [31]. Выявить характеристики данного набора заданий можно на основе используемых в них синонимических глагольных команд [32, 39-42]. С учётом того, что эксперименты по взаимодействию ЭОРов с учениками, имеющими разнотипные

интеллектуальные профили, не выявили корреляции между видом интеллекта и методом взаимодействия в рамках типологии процессов обучения мозга М. Виттрока [24], именно измерение образовательных целей, благодаря точно определённой глагольной глоссарии, должно сыграть ключевую роль при формировании индивидуальной образовательной траектории ученика.

Подобные технологии могут быть использованы не только при оценивании ученика и формировании его индивидуальной образовательной траектории. Описанная ранее технология оценки образовательного контента основана на его точном содержательном соответствии потребностям ученика с точки зрения представления информации и на обобщённом представлении о возможных формах подачи материала с учётом его интеллектуального профиля. Однако наиболее точное соответствие ЭОРа стоящей перед учеником образовательной цели возможно благодаря глагольной глоссарии синонимов, определяющих механизм взаимодействия «ЭОР — ученик». Подобные задачи уже успешно ставились при конструировании проблемно-ориентированных систем на основе естественного языка [3]. В нашем случае матрица, образованная командами, соответствующими запросам, поставленным в рамках парадигм множественного интеллекта и таксономии образовательных целей, может быть использована для создания автоматической системы оценки ЭОРов с точки зрения их соответствия индивидуальным образовательным способностям и целям ученика.

В свете вышеизложенного механизм автоматизированного выстраивания индивидуальной образовательной траектории ученика может быть представлен следующим образом. После создания базы ЭОРов и учебников из федерального перечня, проиндексированных с точки зрения содержания, система автоматически генерирует соответствия между ЭОРа и учебниками. Первый вопрос системы, адресованный ученику, определяет используемый им в качестве основного учебник. Благодаря точной привязке содержания каждого раздела ЭОРа к соответствующему параграфу учебника у ученика есть возможность получить список ЭОРов, ранжированных с точки зрения полноты отражения материала проблемного параграфа учебника. При этом значительная часть ЭОРов будут обладать сходными содержательными и техническими характеристиками, и для выбора наиболее подходящего из них система определяет психологические характеристики ученика с точки зрения теории множественного интеллекта, выстраивая индивидуальный интеллектуальный профиль ученика. Хотя среди систем тестирования множественного интеллекта наибольшее распространение получили имеющая текстовый интерфейс MIDAS и имеющая графический интерфейс TIMI, обе имеют определённые недостатки [26, 58-61], поэтому целесообразно использовать в рамках нашей информационной среды собственные тесты, разработанные в соответствии с основными

положениями теории Г. Гарднера и минимизирующие внутриличностный уклон, свойственный тестированию как методу оценивания вообще. Получив представление об интеллектуальном профиле ученика и установив в ходе последнего вопроса его образовательную цель, система предложит ему наиболее подходящий ЭОР, оценённый на основе анализа используемых глаголов-команд в категориях множественного интеллекта и образовательных целей, который, таким образом, удовлетворит образовательные потребности с позиций содержания, технических характеристик и психо-ментального соответствия. В дальнейшем система, идентифицировав пользователя, будет предлагать ему ЭОРы, наиболее отвечающие его интеллектуальному профилю, без повторного тестирования, что существенно ускорит и упростит доступ к необходимой ученику информации.

Современные мировые тенденции в области развития двух педагогических технологий — теории множественного интеллекта и таксономии образовательных целей — направлены на их синтез, с одной стороны, и на их раздельное использование при создании новых информационных образовательных технологий. Предложенный в данной статье путь использует сильные стороны каждого из этих подходов, однако именно синтез этих технологий при обеспечении коммуникации между учеником и ЭОРами обеспечит качественный прорыв в индивидуализации образования и позволит устранить многие из проблем, которые грозят современным ученикам.

Литература

1. Богданова Д.А., Федосеев А.А. Информационные образовательные ресурсы: пора разобраться с качеством // Развивающие информационные технологии в образовании: использование учебных материалов нового поколения в образовательном процессе: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Томск, 2010. С. 59-61.
2. Босова Л.Л. Основные направления разработки электронных образовательных ресурсов для дошкольного и школьного образования // Электронные образовательные ресурсы. [М.], 2012. URL: <http://www.eor-np.ru/node/1493>
3. Гуревич И. Таксономия Блума как модель постановки вопроса в проблемно-ориентированных системах естественного языка // Искусственный интеллект. 2000. № 3. С. 438-442.
4. Единые требования к электронным образовательным ресурсам. М., 2011.
5. Красильникова В.А. Информационные и коммуникационные технологии в образовании. Оренбург, 2006.
6. Лаврентьева Г.П. Науково-методичні підходи та інструментарій експертизи якості електронних засобів навчального призначення // Інформаційні технології і засоби навчання. 2010. №5. URL: <http://www.ime.edu-ua.net/em19/emg.html>
7. Лапёнок М.В. Теоретические подходы и практическая оценка качества информационной среды дистанционного обучения // Педагогическое образование в России. 2012. № 3. С. 134-138.
8. Максимова О.А., Червонный М.А. Особенности разработки и комплексной экспертизы качества тестов, используемых для контроля и оценки качества обучения сельских школьников // Вестник ТГПУ. 2011. № 13. С. 82-87.
9. Миняйлова Е.Л., Мазурок И.А. Разработка, инспектиза и экспертиза образовательных электронных ресурсов // Применение инновационных технологий в образовании: сборник

- материалов Всероссийской научно-практической конференции. Троицк, 2013. URL: <http://tmo.ito.edu.ru/2013/section/214/96976/>
10. Осин А.В. Концептуальные основы образовательных электронных изданий и ресурсов. [М.], 2008. URL: <http://www.ict.edu.ru/ft/002353/osin5.pdf>
 11. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. [М.], 2003.
 12. План мероприятий ("дорожная карта") "Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки" : утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. № 2620-р // Российская газета. 2013. 14 января.
 13. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года" // Российская газета. 2009. 19 мая.
 14. Харитонов А. Несостоявшаяся инновация // Эксперт. 2012. №24. С. 78-81.
 15. Цветкова М.С. Использование интерактивного мультимедийного учебника в учебном процессе. М., 2012.
 16. Численность обучающихся и учителей в государственных и муниципальных общеобразовательных учреждениях. [М.,] 2013. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/obraz/o-obr2.htm
 17. Шадриков В.Д., Шемет И.С. Информационные технологии в образовании: плюсы и минусы // Высшее образование в России. 2009. №11. С. 61-65.
 18. Abu Samah N., Yahaya N., Bilal Ali M. Individual differences in online personalized learning environment // Educational Research and Reviews. 2011. Vol. 6. P. 516-521.
 19. Anderson L.W., Krathwohl D.R. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York, 2001.
 20. Armstrong Th. Multiple intelligences in the classroom. Alexandria, 1994.
 21. Bloom B. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals. New York, 1956.
 22. Chen J.-Q., Moran S., Gardner H. Multiple intelligences around the world. San Francisco, 2009.
 23. Gardner H. Multiple intelligences: new horizons. New York, 2006.
 24. Huffman C.A. Student Interactions With CD-ROM Storybooks: A Look At Potential Relationships Between Multiple Intelligence Strengths And Levels Of Interaction. PhD dissertation. Kent State University, 2012.
 25. Jugureanu R. Proiectare pedagogica a soft-ului educațional. Taxonomia lui Bloom si Bloom-Anderson — Utilitatea scormică a proiectării // e-Learning Technologies and Virtual Reality. București, 2005.
 26. Kafanabo E.J. An investigation into the interaction between multiple intelligences and the performance of learners' in open-ended digital learning tasks. PhD dissertation. University of Pretoria, 2006.
 27. Kemalatha K., Sai Peck L., Sellappan P. Effective Design of E-learning Application Incorporating Multiple Intelligences // Digital Libraries: Technology and Management of Indigenous Knowledge for Global Access. Proceedings of 6th International Conference on Asian Digital Libraries. Berlin ; Heidelberg, 2003. P. 693-694.
 28. Klein P.D. Multiplying the Problems of Intelligence by Eight: A Critique of Gardner's Theory // Canadian Journal of Education. 1997. Vol. 22. № 4. P. 377-394.
 29. Maker C.J., Nielson A.B., Rogers J.A. Giftedness, diversity, and problem-solving: multiple intelligences and diversity in educational settings // Teaching Exceptional Children. 1994. Vol. 27. № 1. P. 4-19.
 30. McGrath H., Noble T. Eight ways at once. Frenchs Forest, 2005.
 31. Method of electronically producing a lesson plan: пат. 2001268838 Австралия. № 2001268838; заявл. 03.07.2000; опубл. 11.04.2002. Bull. Vol. 16. Iss. 10.
 32. Nicholson-Nelson K. Developing Student's Multiple Intelligences. New York, 1998.
 33. Pirozzo R. 50 Cooperative Learning Activities. Heartherton, 2006.
 34. Silver H.F., Strong R.W., Perini M.J. So each may learn : integrating learning styles and multiple intelligences. Alexandria, 2000.
 35. Tirri K., Nokelainen P. Measuring multiple intelligences and moral sensitivities in education. Rotterdam, 2011.

Зеленко Л.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени акад. С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара, к.т.н., доцент кафедры
программных систем, zelenko.larisa.s@gmail.com

Единое информационное образовательное пространство «Школа информатики СГАУ»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Непрерывное образование, дистанционное обучение, виртуальная обучающая система, информационная система, образовательная среда, сайт.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается структура единого информационного пространства Школы информатики СГАУ, описывается назначение и возможности всех входящих в него систем.

Введение

Чтобы добиться успеха в современном мире, человек должен постоянно учиться, получать новые компетенции и осваивать новые горизонты. Школа и университет в их классической форме способны дать фундаментальные знания и умения («научить учиться»), но там невозможно получить знания на всю жизнь. Ключевое значение приобрела концепция непрерывного образования, каждый человек на протяжении всей жизни может удовлетворять свои познавательные запросы в разных формах, лозунг «Обучение через всю жизнь» (lifelong learning) становится все более актуальным.

В связи с реформированием системы образования и повышением требований к выпускникам вузов, к их квалификации, концепция непрерывности образования стала «моложе» — появилась необходимость обеспечить связку «школа-колледж-вуз», которая бы позволила обеспечить подготовку высококвалифицированных специалистов за счет выявления наиболее талантливой молодежи, которой можно привить вкус к обучению, научить учиться, развить ее любознательность.

Географическая удаленность перестала быть ограничением, интернет-технологии сегодня являются самым современным и перспективным средством технологической поддержки обучения и предлагают ресурсы, которые открывают новые возможности активного участия обучаемого в образовательном процессе. В связи с этим в образовании все большую роль играет и будет играть дистанционное обучение, сегодня как никогда важно дальше развивать и совершенствовать его.

Структура информационного образовательного пространства

Для поддержки непрерывного образования в области информатики и информационных технологий на базе кафедры программных систем СГАУ была создана Школа информатики СГАУ, основные цели которой — привить школьникам навыки информационно-коммуникативной культуры, необходимые при дальнейшем обучении в вузе, дать более глубокие знания по программированию школьникам, планирующим поступать на специальности, связанные с информационными технологиями [1].

Информационное образовательное пространство «Школа информатики СГАУ» представляет собой комплекс интернет-ресурсов, ориентированный развитие творческих и профессиональных компетенций обучаемых в области информационных и телекоммуникационных технологий. В нее входят (рис. 1):

1. Сайт Школы информатики СГАУ (itschool.ssau.ru), на котором размещена общая информация о целях и задачах школы;
2. Система дистанционного обучения Школы информатики СГАУ (distance.itschool.ssau.ru), на сайте размещены разработанные автором интерактивные учебные курсы, анимационные демонстрации, которые стимулируют познавательную активность школьников;
3. Виртуальная обучающая система «3Ducation» (virtual.itschool.ssau.ru), построенная на технологии виртуальных миров, которая позволяет в игровой форме изучать теоретический материал и решать учебные задачи;
4. Автоматизированная информационная система Школы информатики СГАУ (workstation.itschool.ssau.ru), обеспечивающая электронную поддержку учебного процесса.

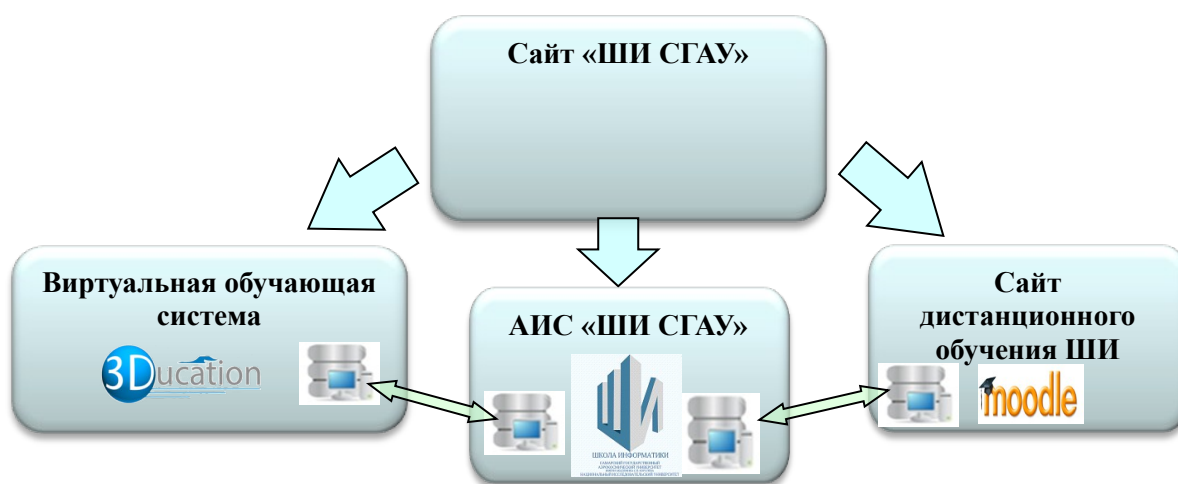


Рис. 1. Структура информационного образовательного пространства «Школа информатики СГАУ»

Такая структура обеспечивает комплексную методическую и технологическую поддержку дистанционного образовательного процесса, включая обучение и управление образовательным процессом, а также

позволяет поддерживать высокий уровень качества подготовки. Данный подход позволяет:

- обучаемым освоить предметную область на разных уровнях глубины и детальности; сформировать умения и навыки решения типовых практических задач в избранной предметной области; приобрести умения анализа и принятия решений в нестандартных проблемных ситуациях;
- преподавателям актуализировать процесс приобретения знаний, умений и навыков; повысить эффективность обучения и развить творческие способности обучающихся;
- родителям иметь актуальную информацию об успеваемости своих детей;
- университету выявлять наиболее талантливую творческую молодежь, и готовить ее для поступления на различные специальности.

Все ресурсы размещены на сервере СГАУ и доступны через Интернет, в системах реализовано разграничение прав доступа (часть материалов доступны всем, часть только обучаемым). На сайте Школы информатики СГАУ размещена информация общего характера: цели и задачи школы, расписание занятий, списки групп, размещены ссылки на все остальные системы, входящие в информационное пространство Школы информатики СГАУ.

Принципы построения дистанционной обучающей системы ШИ СГАУ

Сайт системы дистанционного обучения (СДО) Школы СГАУ информатики построен с использованием системы управления обучением LMS Moodle и обеспечивает поддержку очного обучения школьников с использованием «смешанно-дистанционного» подхода (Blended Distance Learning).

Основной частью контента СДО является учебный курс — совокупность текстовых и иллюстрационных материалов, сгруппированных по тематическим признакам. Структура курса имеет древовидную форму: корень дерева распадается на темы, состоящие из лекций и тестов; лекции разбиваются на параграфы, каждый из которых может обладать иллюстрациями.

Принципы построения автоматизированной информационной системы (АИС «ШИ СГАУ»)

Автоматизированная информационная система позволяет автоматизировать деятельность сотрудников Школы информатики СГАУ и выступает в качестве информационного ресурса, объединяющего всех участников учебного процесса: преподавателей школы, слушателей, которые в ней обучаются, и их родителей. Основные задачи системы — поддержка информации в актуальном состоянии, обеспечение быстрого

доступа к ней, а также повышение эффективности учебной и организационной работы школы в целом.

В структуру АИС «Школа информатики СГАУ» входят [2]:

1. *Подсистема «Электронный журнал»*, которая выполняет все основные функции по автоматизации процесса ведения успеваемости и посещаемости слушателей, позволяет управлять процессом создания программы занятий. В подсистеме реализованы следующие функции:

- создание (редактирование) занятия с выбором типа занятия, даты проведения, темы, шкалы оценивания (если требуется);

- учет успеваемости и посещаемости, преподавателю (диспетчеру) предоставляется возможность выставления оценок слушателю по выбранной шкале (классической — пятибалльной или произвольной) за выполнение практических заданий и/или тестов, и отметки о присутствии (отсутствии) слушателя на занятии. В подсистеме реализована возможность экспорта журнала в текстовый редактор и редактор pdf файлов;

- ведение статистики по успеваемости и посещаемости с выбором субъекта, для которого формируется статистика (по слушателю, по занятию) — в виде статистических отчетов, экспортируемых в текстовый редактор и редактор pdf файлов, и диаграмм.

2. *Подсистема «Электронный дневник»*, которая предназначена для контроля успеваемости и посещаемости слушателя родителями. Данные по успеваемости слушателя берутся из журнала преподавателя, при этом поддерживается актуальность данных. Так же в подсистеме реализована возможность оставления преподавателем замечаний (рекомендаций) по занятиям, которые будут отображаться при просмотре дневника.

3. *Подсистема оповещений*, которая осуществляет связь персонала школы с учениками и их родителями, предоставляя простой и быстрый доступ к оперативной информации. Подсистема позволяет настраивать оповещения пользователей с использованием сервисов e-mail и SMS, таких как: информация об успеваемости и посещаемости учащихся, задолженности по оплате, информация о предстоящих событиях (контрольные работы, занятия, встречи, родительские собрания и т.д.).

4. *Подсистема напоминаний*, которая представляет собой средство для уведомления пользователей системы и имеет возможность гибкой настройки: преподаватели могут создавать напоминания для отдельных учеников, их родителей и учебных групп в целом (на заданное время с заданным периодом повторения). Преподаватели, слушатели и их родители могут получают сгенерированные автоматически напоминания по расписанию, домашним заданиям, грядущим событиям и т.п.

5. *Подсистема диспетчеризации*, которая позволяет составлять учебный план и расписание занятий, формировать документы и отчёты, создавать и рассылать пользовательские оповещения. В данной подсистеме

реализована автоматическая генерация документов и отчетов, с дальнейшей возможностью экспорта их в текстовый редактор и редактор pdf-файлов. Также реализована функция автоматического заполнения документов-шаблонов значениями полей сущностей, представленных в системе.

6. *Подсистема администрирования*, которая управляет процессом ведения реестра пользователей, их личными данными, поддерживает настройку безопасности системы в виде делегирования прав пользователям, составление справочников баз данных, импорт и экспорт данных. В системе реализована возможность самостоятельной регистрации пользователей, что дает им доступ к функциям системы после прохождения проверки персональных данных диспетчером школы.

Принципы и особенности построения виртуальной обучающей системы «3Ducation»

В информационном образовательном пространстве для развития творческих способностей учащихся на всех этапах обучения используется комплексный подход: в процессе обучения наравне с традиционными методиками применяются новейшие технические средства обучения и последние достижения в области информационных технологий, в частности технология виртуальной реальности (или виртуальных миров). Данная технология позволяет имитировать окружающий нас мир и создавать трехмерное пространство, в которое можно перенести все уже освоенные формы подачи информации (будь то текст, иллюстрации, видео или что-то еще) и добавить любую сложную визуализацию, которую преподаватель использует в рамках своих курсов.

Представление и форма подачи материала очень часто имеют первостепенное значение для обучаемых, особый интерес представляют две составляющие: трехмерное пространство и игровой подход. Обе они уже проникли в современную жизнь и стали важным элементом как интеллектуального отдыха, так и творческого подхода к работе [3].

Преимущества **трехмерного пространства** (также известного как «виртуальный мир») вытекают из особенностей человеческого восприятия информации. Согласно многочисленным исследованиям, 80% информации об окружающем мире человек получает через зрение, а зрение работает тем эффективнее, чем более образный мир оно видит. Преподаватели знают, что простой и наглядный пример зачастую оказывается эффективнее строгих теоретических выкладок. Самые популярные образовательные ресурсы в сети интернет (например, Khan Academy) полагаются на видео, а не текст.

Если трехмерное пространство определяет форму, то **игровой подход** — содержание. Игры обладают преимуществами по сравнению со стандартными подходами к обучению:

1. *Интерактивность* (в играх конечный пользователь всегда активен. Он не только видит мир, но и активно с ним взаимодействует —

перемещает предметы, нажимает на кнопки, уничтожает старые и возводит новые сооружения, способность к усвоению информации в таких условиях возрастает многократно);

2. *Обратная связь* (в играх обратная связь предусмотрена самой их структурой и работает постоянно, игры нелинейны и динамичны, поскольку очень сильно зависят от действий игрока, если применять игровой подход, то ученик отчасти станет соавтором курса: будет основательно изучать самое интересное, определять, где данных недостаточно и задавать вопросы, а затем и демонстрировать свои знания преподавателю);
3. *Свобода* (в игры играют исключительно по собственному желанию, этот психологический фактор может сильно помочь образованию);
4. *Постоянное поощрение* (в играх любое, даже самое мелкое, достижение игрока явным образом вознаграждается, мотивируя его на новые конструктивные действия, награды могут быть небольшими и условными («микронаграды»), но они уже определяют иную модель взаимодействия — игра дарит человеку очень важное чувство постоянного прогресса, поэтому игроки всегда полны энтузиазма);
5. *Достижимая цель* (участники игр стараются достичь простых и измеримых целей, а параллельно с этим незаметно для себя могут достигать и целей реальных);
6. *Соревнование* (игры активно эксплуатируют классическую человеческую потребность быть лучше других — настолько активно, что некоторые из них превратились в полноценные спортивные дисциплины, грамотное сочетание поощрения и соревнования может пойти на пользу и образованию);
7. *Командная работа* (стандартные образовательные курсы во многом остаются индивидуальным делом, при этом умение взаимодействия с коллегами в современном мире незаменимо: серьезные задачи слишком объемны для одиночек и требуют грамотного распределения труда. В играх проще создать ситуацию, действительно требующую командной работы, — хотя бы потому, что мир и правила игры полностью определяются ее разработчиком);
8. *История* (увлекательность игр во многом зависит от их истории — легенды, которая превращает альтернативный мир в место, куда игроку хочется возвращаться и погружаться с головой, цели игр в рамках легенды масштабны и увлекательны, история выводит цели на уровень эмоционального вовлечения и может дать ученику необходимый энтузиазм).

Заключение

Данный проект нацелен на создание эффективной системы дистанционной подготовки школьников по курсу «Информатика», позволяющей получить слушателям соответствующую подготовку.

Выпускникам выдается сертификат Школы информатики СГАУ, дающий преимущество при поступлении на все специальности факультета информатики, связанные с информационными технологиями. Все поставленные задачи были успешно решены:

3. Создан единый информационный ресурс, который объединил всех участников учебного процесса: преподавателей школы, слушателей, которые в ней обучаются, и их родителей;

4. Обеспечен удобный и быстрый доступ обучаемых к учебным материалам (сформировано единое электронное хранилище учебно-методических материалов, которое легко может «наращиваться» за счет включения новых блоков и инструментов: виртуальных лабораторных практикумов, тренажеров, компьютерных анимаций, мультимедиа-объектов и элементов интерактивности);

5. Организовано эффективное общение между обучаемыми и преподавателями при изучении материалов курса и в процессе выполнения практических заданий (реализована коллаборативная технология обучения, построенная на взаимообмене знаний в процессе совместного решения учебных и учебно-исследовательских задач).

Литература

1. Зеленко Л.С. Методика преподавания информатики в школе информатики СГАУ // Труды XVII Международной конференции «Математика, компьютер, образование». — Москва-Ижевск: изд-во «R&C Dynamics», 2010. — С. 413.
2. Кузнецов И.А., Хмелевских А.А., Зеленко Л.С. Автоматизированная информационная система «Школа информатики СГАУ» // Труды научно-технической конференции с международным участием и элементами молодежной школы «Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ-2012)» / Под ред. С.А. Прохорова. — Самара: изд-во СНЦ РАН. — С. 304-306.
3. Зеленко Л.С., Загуменнов Д.А. Основные принципы и особенности построения виртуальной образовательной среды в системе дистанционного обучения // Материалы I международной научно-практической конференции «Инновационные информационные технологии». — М.: МИЭМ, 2012. — С. 71-74.

Баженова И.Ю.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, доцент, к.ф.-м.н.,
bazhenova.irina@gmail.com

Особенности обучения языкам программирования при дистанционной форме образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Дистанционное обучение, e-learning, LCMS, языки программирования, образовательный контент.

АННОТАЦИЯ

Дистанционная система подготовки специалистов в области информационных технологий включает изучение различных современных аспектов языков программирования и требует поддержки высокого уровня доступности учебного контента. Такая поддержка может быть предоставлена при использовании LMS-CMS-LCMS систем дистанционного обучения. В данной статье рассматриваются особенности формирования учебного контента для обучения языкам программирования.

Дистанционная система подготовки специалистов основывается на применении систем управления обучением (Learning Management System — LMS, систем управления контентом (Content Management System — CMS) и систем управления учебным контентом (Learning Content Management System — LCMS)[6]. Для развертывания CMS-LCMS системы дистанционного обучения можно использовать локальный сервер с предоставлением к нему удаленного доступа, или удаленный хостинг с установкой на него CMS-LCMS системы. Одной из наиболее популярных систем для дистанционного обучения в настоящий момент является система Moodle, которая предоставляет инструментарий как для организации учебного контента, так и средства контроля и учета успеваемости.

Средства управления контентом системы Moodle позволяют:

- публиковать ресурсы в различных форматах, включая видео-формат, и управлять доступом к ним;
- вести глоссарий с поддержкой ссылок на определения терминов из всех упоминаний на него в материалах курса, а также из форумов;
- использовать для каждого курса широкий набор элементов, включающий ресурс, задание, глоссарий, форум, wiki, урок, тест и т.д.
- предоставлять контент в виде текста (в форматах HTML, SCORM, DOC), в виде слайдов. и как видео; организовывать текстовый контент в виде лекций или книг (используя плагин Book);

- формировать интегральную систему оценки знаний, как на базе самостоятельных заданий, так и на основе результатов тестов, с возможностью определения веса каждого тестового задания в общей оценке студента.

В программе дистанционного обучения "Разработчик компьютерных технологий" обучение языкам программирования имеет многовекторное направление, включающее:

- параллельное освоение теоретического материала с одновременным выполнением практических тестов и заданий;
- наличие как теоретических курсов по языкам программирования, так и практических курсов, позволяющих более глубоко освоить несколько конкретных языков программирования, а также получить навыки использования различных сред разработки;
- изучение курсов, направленных на применение языков программирования для решения различных технологических задач, таких как взаимодействие с удаленными базами данных, распределенное офисное программирование;
- получение теоретических знаний и практических навыков по применению современных языков программирования при решении задач web-разработки.

Базовыми теоретическими курсами, направленными на изучение основ программирования, в данной программе являются курсы "Основы языков программирования" и "Основы программирования".

В курсе "Основы языков программирования" рассматриваются общие концепции разработки и реализации языков программирования, изучаются основные конструкции языков программирования, анализируются различные структуры данных, освещаются вопросы объектно-ориентированного программирования.

Курс направлен на формирование у студентов компетенций, необходимых для эффективного решения различных задач по проектированию и созданию программ, включающие в себя:

- применение объектно-ориентированного подхода;
- создание программ на различных объектно-ориентированных языках программирования, таких как C++, C#, Object Pascal и Java.

В курсе "Основы программирования" акцент ставится на базовых технологиях, используемых при разработке приложений, и формирование у студентов компетенций, необходимых для эффективного решения различных задач по разработке и созданию программных продуктов. Особое внимание уделяется сравнению подходов, используемых при применении различных библиотек классов.

Учебный контент для курса "Основы языков программирования" размещен в системе Moodle и представляет собой:

- набор видео-файлов по каждой теме;

- примеры программного кода;
- дополнительная информация, оформленная в виде html-страниц;
- тесты, проверяемые в автоматическом режиме;
- текстовые задания, предполагающие ответ в виде файла, проверяемый преподавателем.

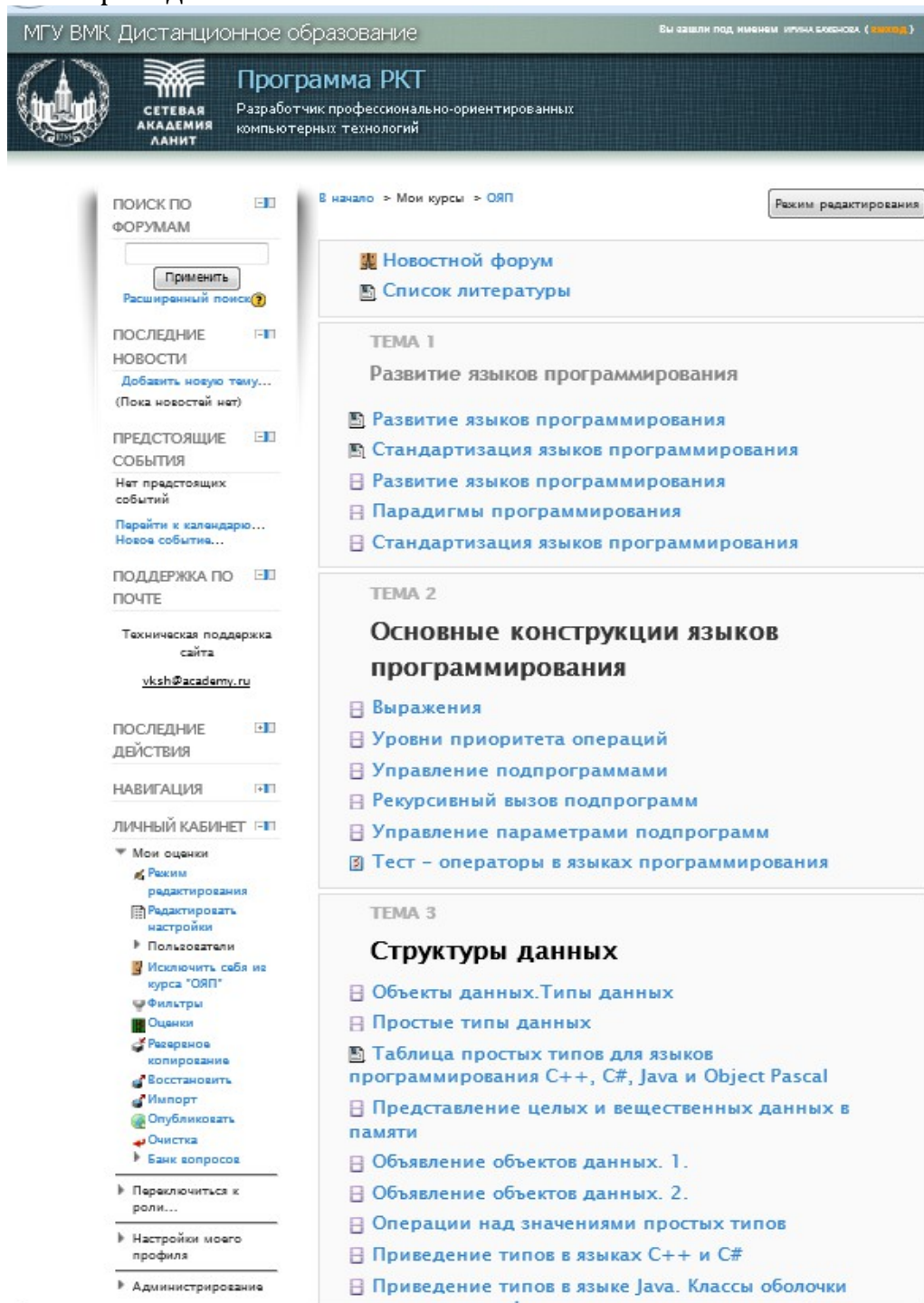


Рис.1. Курс "Основы языков программирования" в системе Moodle

На рисунке 1 представлено окно для работы с контентом для курса "Основы языков программирования".

Курс "Основы языков программирования" является базисным для формирования у студентов понимания объектно-ориентированной парадигмы в современных языках программирования. В процессе обучения студенты выполняют задания, позволяющие им сравнить особенности разработки программ на таких языках программирования, как Java, C++, C# и Object Pascal.

После освоения данного курса студенты переходят к изучению применения языков программирования. На этом этапе они знакомятся более подробно с особенностями различных сред разработки и с фундаментальными возможностями применяемых библиотек классов. Особое внимание здесь уделяется применению современных технологий программирования. Так курс "Основы программирования" ориентирован на изучение общей функциональности, предоставляемой библиотеками классов, а также на применение языков программирования для разработки различных видов приложений. Курс "Распределенные SQL приложения" позволяет сконцентрироваться на вопросах применения языков программирования для разработки приложений баз данных. А курс "Распределенные офисные технологии" знакомит студентов с использованием языков программирования для разработки серверных web-приложений, а также для разработки приложений с многокомпонентной архитектурой.

Все эти курсы предполагают, как наличие учебного контента в видео и текстовом формате, так и наличие тестов и самостоятельных заданий.

Однако задания, выполняемые при изучении теоретических курсов направлены на лучшее освоение и понимание изучаемого материала. Для получения практических навыков требуются специальные практикумы. При дистанционной форме обучения, когда личный контакт ограничен в основном обсуждениями в учебном чате, задания практикума по каждой теме целесообразно разбивать на две группы:

- задания с подробным описанием последовательности их исполнения, примерами кода, и объяснениями предполагаемых результатов;
- самостоятельные задания, результат выполнения которых со скриншотами должен быть представлен преподавателю.

Такой подход применяется при изучении языков программирования по программе дистанционного обучения "РКТ". Одним из таких специальных практикумов является курс "Язык программирования C# и основы технологии .NET". Этот курс позволяет получить практические навыки в таких технологиях, как:

- Windows Forms;
- Windows Presentation Foundation;
- LINQ;
- ADO.NET;
- ASP.NET.

Данный курс обобщает полученные ранее теоретические знания и включает подробно описанные задания по следующим темам:

- основы объектно-ориентированного программирования на C#:
 - классы и структуры, инициализаторы объекта;
 - методы члены класса, конструкторы, статические методы, способы передачи параметров, свойства;
 - механизмы наследования, раннее и позднее связывание, виртуальные методы;
 - явное и неявное приведение типов;
 - сравнение объектов, перегрузка операций;
 - анонимные типы;
 - индексаторы;
 - делегаты, вызов методов через делегата, применение делегатов как методов обратного вызова;
- основные конструкции языка C#:
 - типы значений и ссылочные типы, конвертирование типов значений;
 - тип `dynamic`;
 - коллекции, итераторы;
 - одномерные, многомерные массивы и массивы массивов, запросы к массивам с применением LINQ;
- механизмы отражения:
 - сборки, статическая и динамическая загрузка сборок;
 - получение информации о типе, методе и параметрах;
- Windows Forms:
 - графический интерфейс пользователя;
 - приложения с SDI и MDI интерфейсом;
 - стандартные диалоги;
 - пользовательский рендеринг элементов управления на примере списков;
- использование серверов автоматизации:
 - работа с объектами типа `Excel.Application` и `Word.Application`;
 - обмен данными с приложениями Excel и Word;
- технология WPF:
 - язык XAML и файлы отделенного кода;
 - компоновка графического интерфейса пользователя с использованием панелей;
 - применение элементов управления WPF;
 - использование ресурсов и стилей WPF;
- технология ADO.NET:
 - построение приложений для работы с базой данных;
 - соединение с базой данных;

- компоненты, используемые для отображение наборов данных;
- выполнение параметризованных запросов;
- выполнение хранимых процедур базы данных;
- отображение связанных данных;
- распределенное программирование:
 - создание и развертывание web-сервиса;
 - создание службы Windows, регистрация службы, управление службой.

Подготовка учебного контента при дистанционной форме обучения включает следующие этапы:

- запись видео-лекций;
- формирование учебного материала в текстовой форме (учебники, web-страницы и примеры кода, размещаемые в системе дистанционного обучения);
- формирование тестов и заданий для регулярного контроля за учебным процессом.

При этом в отличие от обычной формы образования, когда преподаватель на лекции имеет возможность каждый год обновлять свой курс с учетом принятия новых стандартов и появления новых возможностей в языках программирования, один раз записанные видео-лекции труднее поддаются изменению. Поэтому особенно важным представляется правильное разбиение видео-лекции на небольшие логические части, которое позволяет преподавателю добавлять новые фрагменты лекций между ранее записанными частями лекции, а также заменять отдельные части лекций. Наиболее удобным способом формирования видео-контента можно считать систему Camtasia Studio, которая позволяет записывать голос лектора на фоне отображаемой на компьютере презентации, или на фоне демонстрации лектором применения программных конструкций в различных системах программирования. Такой подход обеспечивает постоянную актуальность учебного контента в системе дистанционного обучения.

При формировании системы тестов для курсов по языкам программирования наряду с авторскими тестовыми вопросами имеет смысл добавлять тесты аналогичные, используемым для сертификационных экзаменов по различным языкам программирования. Главное, что тесты не должны быть направлены только на формальное знание материала, а должны выявлять насколько студент разобрался с изучаемым материалом.

Набор тестов по курсу "Основы языков программирования" базируется на правильном понимании студентом применения различных конструкций языков программирования и позволяет определить степень понимания студентом различных аспектов применения объектно-ориентированной парадигмы в языках программирования.

Сформированный учебный контент позволяет студенту самостоятельно освоить учебные курсы. Для общения со студентом

преподаватель в процессе обучения может использовать чаты, семинары и опросы.

При самостоятельном обучении студента преподаватель должен постоянно контролировать процесс освоения студентом учебного контента. Для этого можно использовать:

- 1.временные рамки работы с лекциями и выполнения тестов;
- 2.фиксирование сроков выполнения самостоятельных заданий.

Окончательная аттестация по учебному курсу может быть выполнена только при очном экзамене.

Такой подход к формированию учебного контента и процессу построения обучения языкам программирования используется автором в рамках программы дистанционного образования "Разработчик компьютерных технологий".

Литература

1. Баженова И.Ю. Языки программирования. /под редакцией В.А.Сухомлина. М.: Из-во "Академия", 2012.
2. Баженова И.Ю., Сухомлин В.А. Введение в программирование. Учебное пособие. М.: Из-во «Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний», 2006.
3. Баженова И.Ю. С++ и Visual Studio .Net. М.: Из-во «Кудиц-ОБРАЗ».
4. Баженова И.Ю. Delphi 7. Программирование на языке Object Pascal. М.: Из-во " Кудиц-ОБРАЗ".
5. Баженова И.Ю. Применение облачных технологий при дистанционном обучении языкам программирования. М.: Вестник МГЛУ. Вып 6(619), 2013, 19-25 с.
6. Баженова И.Ю. Интегральный подход к дистанционному обучению в области информационных технологий М.: Вестник МГЛУ. Вып 6(619), 2011, 19-25 с.

Горохова Л.А.¹, Горохов В.Ю.²

¹Пятигорский государственный лингвистический университет, г. Пятигорск, к.филол.н.,
зав. кафедрой теории и практики перевода, litoboika@mail.ru

²МБОУ Гимназия №2, г. Георгиевск, преподаватель-организатор ОБЖ

О возможности реализации технологий дополненной реальности и гео-обучения в образовательном процессе

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Дополненная реальность, гео-обучение, мобильные приложения, образовательный проект, метапредметный результат.

АННОТАЦИЯ

В статье дается краткий обзор возможностей, предоставляемых мобильными приложениями, для реализации концепции гео-обучения. Предлагаются примеры использования дополненной реальности для достижения метапредметных результатов обучения.

Термин «дополненная реальность», введенный в 1994 году П. Милграмом и Ф. Кисино в статье «Таксономия смешанной реальности визуальных дисплеев», относится к одному из подклассов «смешанной реальности» — случаю, когда реальная среда дополнена виртуальными (компьютерными графическими) объектами. Как отмечает Р. Азума, технологии виртуальной реальности полностью погружают пользователя в искусственно созданную среду, где он не может видеть реальный мир вокруг себя. Дополненная реальность, напротив, позволяет пользователю видеть реальный окружающий его мир, а виртуальные объекты наложены или встроены в реальность. Таким образом, дополненная реальность дополняет реальный мир, а не заменяет его [1].

Р. Азума выделяет 3 характерные черты дополненной реальности:

- 1) сочетание реального и виртуального;
- 2) интерактивность в реальном времени;
- 3) 3D представление [1].

В рамках данного подхода под дополненной реальностью понимается альтернативный мир, заполненный компьютерными изображениями, накладываемыми на объекты реального мира в реальном времени, доступный человеку посредством специализированного аппаратного и программного обеспечения — системы виртуальной реальности — аппаратно-программного комплекса, совмещающего виртуальные объекты с реальным миром, обеспечивающего их взаимодействия [2].

В настоящее время распространение получила и более широкая трактовка данного термина, согласно которой дополненная реальность

представляет собой особую коммуникативную среду, в которой созданы возможности для получения дополнительной информации или дополнительного действия за счет размещения в реальной среде выходов к виртуальным возможностям (информации или активности). Такие выходы — это технические устройства, обеспечивающие удаленное подключение к источникам информации, таким как Интернет или локальные информационные компьютерные сети [3].

В узком понимании дополненная реальность требует специального оборудования, такого как головной (шлем, очки, контактные линзы) или пространственный дисплей. В более широком варианте для создания эффекта дополненной реальности могут быть также использованы обычные мобильные устройства (смартфон или планшет).

Различают визуальные (источником информации для человека является изображение), аудио- (информация подается в виде звука) и аудиовизуальные системы дополненной реальности. По типу устройств, от которых система дополненной реальности получает информацию об окружающем мире, выделяют оптические системы (источником информации является изображение, полученное с камеры) и геопозиционные системы (ориентированные на сигналы систем позиционирования GPS или ГЛОНАСС, иногда также дополнительно используются компас и акселерометр для определения угла поворота относительно вертикали и азимута). По степени взаимодействия с пользователем системы дополненной реальности подразделяются на автономные (системы, задача которых заключается в том, чтобы предоставить пользователю нужную информацию) и интерактивные (системы, обеспечивающие активное взаимодействие с пользователем, который на свои действия получает ответ от системы) [4].

Глобальная компьютеризация стала доступной во многих уголках земного шара, объединив множество мобильных устройств: смартфонов, нетбуков и планшетов. Большинство этих устройств имеют функцию определения координат пользователя на земной поверхности. Мобильные приложения, предоставляющие контекстуальный контент как для формального, так и неформального обучения, соотнося его с физическим местоположением пользователя, получили общее название «гео-образовательных» ('geo-learning apps').

Смешанная среда применительно к концепции гео-обучения состоит из физического пространства (например, музейной экспозиции) и цифрового пространства (например, онлайн-путеводителя), которые вместе создают новые возможности для обучения. Посетитель музея переходит от экспоната к экспонату, и его перемещения в пространстве реальном создают маршрут в соответствующем виртуальном пространстве, где он может просматривать с информацией об экспонатах и взаимодействовать с ней. Например, в художественной галерее г. Грис (США) реализован проект, выполненный студентами Рорчестерского

технологического института: некоторые из картин, экспонирующихся в галерее, «оживают» с помощью специального приложения, если смотреть на них через объектив камеры смартфона. По мнению главного куратора художественной галереи М.Серл, «это заставляет думать, это в какой-то мере провокация, и, самое главное, это заставляет вновь обратиться к производству искусства, чтобы увидеть его с новой стороны. Технология открывает нам дивный новый мир» [5].

Среда может быть естественной или искусственной, богатой визуальными впечатлениями (например, памятник архитектуры) или относительно пустынной (например, луг или поле). Местоположение может находиться в помещении, на открытом воздухе или представлять собой сочетание того и другого. Все, что находится поблизости, в том числе магазины, кафе, центры проведения досуга, а также люди, живущие в данном районе и информация о районе: уличные вывески, названия улиц и т.п., — также могут быть частью потенциально насыщенного информацией окружения, в котором проходит обучение.

Принципы гео-обучения существуют с тех пор, как был изобретен компас. Х. Колумб в XV в., Дж. Кук в XVIII и Ф. Беллинсгаузен в XIX в., в сущности, руководствовались ими, открывая новые страны и континенты.

Гео-обучение уже давно является одним из основных компонентов полевых выходов и экскурсий, однако повсеместный доступ к мобильной сети дает новые возможности для сочетания цифровой информации и физической реальности. При этом гео-обучение базируется на концепции дополненной реальности.

Точками соприкосновения реального и виртуального миров могут стать технологии, основанные на определении местонахождения объекта, например, двумерные штрихкоды (QR-коды), системы дополненной реальности, глобальные системы местоопределения (GPS, ГЛОНАСС), системы оптического трекинга [6]. Так, подобные технологии уже используются в туристическом секторе для получения информации, привязанной к конкретным точкам и объектам на местности (POI — points of interest), туристами и посетителями музеев, зоопарков и т.п. IT-компаниями создан целый ряд браузеров дополненной реальности — универсальных программ для просмотра дополняющего физический мир цифрового контента, которые позволяют бесплатно получать информацию об окружающем мире, не вводя при этом <http://> в адресную строку: Wikitude, Layar, Blippar, Junaio, Aurasma, Acrossair, Yelp, Nokia Город и др. К сожалению, многие AR-браузеры недоступны в России или содержат крайне мало информации об объектах на ее территории, поэтому пока трудно всерьез говорить об использовании этого инструмента в отечественном образовании. Другой проблемой AR-браузеров является недостоверность информации, извлекаемой обычно из контента социальных сайтов с географическим уклоном (например, Google Local Search) и неточность географической привязки объектов [7].

В настоящее время возникают все новые проекты, создающие дополненную реальность для социально или культурно значимых объектов. Это, например, разработка студентов из университета штата Колорадо для национального заказчика Rocky Mountain Arsenal (при наведении мобильного устройства на маркер появляется трехмерная виртуальная модель животного, обитающего в заказнике) [8], проект Аризонского университета «Путешествие по черному Парижу» — интерактивная экскурсия по городу с помощью приложения Layaar [9], проект TECHCOOLTOUR, нацеленный на создание мультимедийной платформы для всего археологического наследия стран ЕС [10], приложение A Gift for Athena, созданное компанией «Самсунг» для Британского музея (приложение представляет собой игру-головоломку, в которой ребёнок должен собрать музейный экспонат из фрагментов. Головоломка появляется на экране при наведении на экспонат и закрывает его собой, при этом система обходится без маркеров — распознаётся конкретный экспонат) [11].

На сегодняшний день не существует общего теоретического обоснования того, как именно происходит соединение физического окружения (включая здания, детали архитектуры, ландшафты, точки обзора и др.) с электронной информацией. Однако с помощью подходов, заимствованных из психологии, педагогики и теории человеко-машинного взаимодействия, можно попытаться понять механизмы включения окружающей среды в процесс обучения.

Согласно теории воплощенного познания, движения тела имеют непосредственное влияние на сознание, поэтому овладение профессией, к примеру, геолога или врача требует обязательного сочетания практического и теоретического обучения. Теория контекстно-обусловленного познания подразумевает, что знание существует в определенных физических, социальных и культурных контекстах и не может быть отделено от них. Следовательно, оправданно помещение процесса обучения в конкретную социальную или культурную среду [6].

С. Михан (S. Meehan) выделяет следующие педагогические принципы, на которых базируется концепция гео-обучения:

- социальный конструктивизм;
- коллективное взаимодействие;
- движение от абстрактного к конкретному;
- непрерывность процесса формирования знаний;
- когнитивное развитие;
- познание с опорой на проигрывание сюжета, изображения и символы;
- варьирование учебной деятельности на разных этапах;
- опора на вербальную информацию и физическое взаимодействие [12].

Гео-обучение вполне возможно встроить в школьную программу. Текстовая, графическая и мультимедийная информация может стать дополнением к тому, что видит вокруг себя ученик. Так, при изучении курса астрономии могут быть использованы мобильные приложения, распознающие созвездия и другие небесные объекты при наведении объектива камеры мобильного устройства (например, Google Sky Map или приложения Star Walk и Star Walk Kids, разработанные компанией VITO Technology).

Представляет интерес для учителя и такой онлайн-ресурс как QRpedia (<http://qrpedia.org>), использующий QR-коды для предоставления пользователям статей Википедии на их родных языках. Когда пользователь (например, ученик во время экскурсии) сканирует QR-код QRpedia своим мобильным устройством, устройство декодирует QR-код в ссылку, указывающую на заголовок статьи Википедии, а также посылает запрос на статью, указанную по ссылке, на сервер QRpedia, передавая заодно языковые настройки устройства. Сервер QRpedia, получив эту информацию, определяет, есть ли статья на языке устройства, и передаёт статью в формате, удобном для чтения [13].

Удобен в использовании сервис Situ8 (www.situ8.org), целью которого является аннотирование объектов физической действительности, т.е. добавление информации об объекте в электронной форме. Сервис позволяет создавать медиа-объекты (текст, изображения, видео) с привязкой к конкретному местоположению. Все медиа-объекты отображаются на карте местности; доступ к ним могут иметь все пользователи или ограниченный круг лиц. Недостатком Situ8 является отсутствие на сегодняшний день надежной мобильной версии и невозможность определения местонахождения пользователя. Тем не менее, на наш взгляд, сервис имеет большой потенциал для создания на его основе гео-обучающих заданий.

Одним из самых известных проектов, реализующих концепцию гео-обучения на практике, является образовательный проект Ambient Wood («Лес вокруг нас»), в котором 11-12-летние школьники по двое исследуют участок леса, на котором размещены различные инструменты, создающие дополненную реальность. Цель проекта — стимулировать исследовательскую деятельность школьников в реальном физическом контексте и осмысление ими полученных результатов [14].

Для распознавания отдаленных объектов в поле зрения пользователя и получения дополнительной информации о них было разработано приложение Zapp, которое может использоваться во время туристических экскурсий, полевой практики студентов-геологов, географов и т.п. [15].

Еще одним любопытным онлайн-сервисом, который можно использовать для проведения гео-обучающих занятий, является Geocaching (www.geocaching.com; русскоязычная версия — www.geocaching.ru). Это туристическая игра с применением спутниковых навигационных систем,

состоящая в нахождении тайников, спрятанных другими участниками игры. Одни игроки прячут тайники, с помощью GPS определяют их географические координаты и сообщают о них в Интернете. Другие игроки используют эти координаты и свои GPS-приёмники для поиска тайников. Чаще всего тайники расположены в местах, которые представляют природный, исторический, культурный, географический интерес. Поскольку точность определения местоположения пользователя с помощью систем геопозиционирования, составляет от нескольких метров до нескольких десятков метров, это позволяет только определить район местонахождения закладки. Для более точного поиска контейнера надо пользоваться подсказками из описания тайника, применять наблюдательность, смекалку и опыт. Тайники могут быть и виртуальными — в этом случае координаты тайника даны в заголовке или в тексте описания в явном виде. В этой точке игрок должен найти ответ на вопрос автора. К этому же типу относится и виртуальный логический тайник, если его координаты по заданию автора надо вычислить без дополнительного поиска на местности.

Однако каким бы насыщенным и успешным ни было взаимодействие физического и виртуального миров в гео-обучении, данная технология имеет свои слабые места. Проблемы, связанные с применением гео-обучающих технологий, можно условно подразделить на технические, педагогические и социальные.

Технические проблемы включают, как уже отмечалось выше, неточность в определении местоположения обучающегося, слабый сигнал или полное отсутствие мобильного соединения в некоторых местностях, а также возможность отказа оборудования, связанную с низким зарядом аккумулятора, неблагоприятными погодными условиями (яркое солнце, дождь) и т.п. С методической точки зрения проблема состоит в том, что результат занятия в некоторых случаях может быть обусловлен не столько целями, поставленными учителем, сколько эффектом новизны от применения новой технологии и техническими ограничениями ее применения. В дальнейшем возможна утрата интереса к занятиям вследствие привыкания. Кроме того, обучающиеся могут оказаться перегружены дополнительной электронной информацией, если она не была отобрана и структурирована должным образом. Наконец, отслеживание местонахождения и передвижений ученика предполагает вторжение в зону личной информации, что также является узким местом данной технологии [6].

Говоря о практической деятельности по внедрению гео-обучения в современной российской школе, необходимо отметить соответствие концепции этого нового направления в обучении недавно принятым ФГОС среднего (полног) общего образования. В процессе создания дополненной реальности обучающиеся развивают сразу несколько базовых компетенций, предусмотренных ФГОС. На наш взгляд, наиболее

востребованной деятельностью по созданию дополненной реальности может оказаться в достижении метапредметных результатов освоения основной образовательной программы:

- владения навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способности и готовности к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
- готовности и способности к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;
- умения использовать средства информационных и коммуникационных технологий в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности
- владения навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований, границ своего знания и незнания, новых познавательных задач и средств их достижения [16].

Метапредметный подход, сегодня зачастую декларируемый, но на деле отсутствующий в преподавании большинства школьных дисциплин, наиболее ярко проявляется как раз в деятельности по конструированию, реализации и использованию объектов дополненной реальности. Даже самые примитивные задания для обучающихся, к примеру, 5-х классов, будут требовать от них комплексного использования разнородных знаний, умений и навыков, применительно к конкретной задаче или проблеме, что и составляет, собственно, основу метапредметности как принципа обучения.

Гео-обучение в рамках современного образовательного процесса в среднем и старшем звене общеобразовательной школы может стать одним из компонентов практической деятельности учащихся в рамках различных проектов, дифференцированных по сложности в зависимости от возраста обучаемых, уровня их способностей, мотивации и познавательной активности. Наиболее перспективными предметными областями для реализации таких проектов, на наш взгляд, являются естественные науки. Кроме этого, безусловно, использование различных программ и приложений для мобильных устройств повышает уровень компетенций обучающихся в области ИКТ. Успешные проекты, базирующиеся на концепции гео-обучения, станут дополнительным бонусом в портфолио

выпускника.

К трудностям при внедрении и реализации гео-обучения в образовательный процесс современной российской общеобразовательной школы можно отнести:

- высокую загруженность преподавателей и, как следствие, нехватку времени на организацию деятельности по гео-обучению, требующую больших ресурсов, никак не оплачиваемых;

- низкую компетентность преподавателей, уровень ИКТ-компетенций которых не позволяет в полной мере раскрыть образовательный потенциал современных технологий;

- ориентацию обучающихся на сдачу ЕГЭ как основной критерий успешности полученного образования.

Гео-обучение прочно вошло в практику как один из основных инструментов образовательного процесса во многих западных школах, профессионально-технических учебных заведениях и в корпоративном обучении, т.к. этот подход делает обучение более интересным, необычным и интерактивным. На наш взгляд, внедрение элементов гео-обучения в учебный процесс в российской школьной практике может принести свои плоды. Вспомним старую максиму, которая иллюстрирует пользу контекстно-обусловленного подхода к обучению: «Если я буду слушать — я могу забыть, если я буду смотреть — я могу запомнить, если я попробую сам — я пойму».

Литература

1. Azuma R.T. A Survey of Augmented Reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (August 1997). — Pp. 355-385.
2. Зубаиров А.Ф. Применение технологий дополненной реальности в профессиональном образовании // XIII научно-практическая конференция «Дни науки — 2013». Тезисы докладов: в 2 т. Озерск, 26-27 апреля 2013 г. — Озерск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2013. — С.183-185.
3. Глазкова С.А. Технология дополненной реальности в новых медиа // Развитие русскоязычного медиапространства: коммуникационные и этические проблемы. Материалы научно-практической конференции (26-27 апреля 2013 г.). — М.: Издательство АПК и ППРО, 2013. — С.117-122.
4. Бойченко И.В., Лежанкин А.В. Дополненная реальность: состояние, проблемы и пути решения // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. — 2010. -1(21), часть 2. — С. 161-165.
5. Battaglia J. Bringing art to life through augmented reality // Henrietta Post. — March 20, 2013. — URL: <http://www.henriettapost.com/x930817834/Bringing-art-to-life-through-augmented-reality?Start=1>
6. Sharples, M., et al. Innovating Pedagogy 2013: Open University Innovation Report 2. Milton Keynes: The Open University. — URL: http://www.open.ac.uk/personalpages/mike.sharples/Reports/Innovating_Pedagogy_report_2013.pdf
7. Лисовицкий А. Что делать начинающему ar-сёрферу: обзор браузеров дополненной реальности. — 24 марта 2013. — URL: <http://arnext.ru/reviews/chto-delat-nachinayushhemu-ar-syorferu-obzor-brauzerov-dopolnennoy-realnosti-3620>
8. Лисовицкий А. Студенты Университета Колорадо создают дополненную реальность для национального заказчика. — 23 января 2014. — URL: <http://arnext.ru/news/rocky-mountain-arsenal-10479>

9. Ившин В. Студенты создают AR-экскурсию по чёрному Парижу. — 13 декабря 2013. — URL: <http://arnext.ru/news/layar-6-9739>
10. Лисовицкий А. Проект TECHCOOLTOUR предлагает познакомиться с историей ЕС в дополненной реальности. — Зоктябрь 2013. — URL: <http://arnext.ru/news/techcooltour-7956>
11. Чивчалов А. Британский музей и Samsung выпустили AR-игру для музея. — 29 ноября 2013. — URL: <http://arnext.ru/news/british-museum-samsung-9409>
12. Meehan S. Geo-learning — The future of learning is Geo. — URL: <http://prezi.com/q7ymkgcmtczi/copy-of-geo-learning-the-future-of-learning-is-geo/>
13. Eden T. Introducing QRpedia. — URL: <https://shkspr.mobi/blog/2011/04/introducing-qrpedia/>
14. Rogers Y. et al. Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors // Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community. — ACM New York, 2004. — Pp.3-10.
15. Sharples, M. et al. Zapp: learning about the distant landscape // 11th World Conference on Mobile and Contextual Learning (mLearn 2012), 15-18 October 2012, Helsinki, Finland. — URL: http://oro.open.ac.uk/35303/1/Preprint_Sharples_et_al_mLearn_2012.pdf
16. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования (10-11 кл.). — URL:
17. <http://минобрнауки.рф/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/2365>

Кадан А.М.,¹ Кадан М.А.²

¹Гродненский государственный университет им.Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь, канд.техн.наук, заведующий кафедрой системного программирования и компьютерной безопасности, kadan@mf.grsu.by

²Гродненский государственный университет им.Янки Купалы, г. Гродно, Республика Беларусь, студентка факультета математики и информатики

Архитектура и функциональность интерактивного Internet-сервиса для компьютерного контроля знаний в области математики

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Компьютерный контроль знаний, Internet-сервис, пакет Maple, стандарт MathML, системы компьютерной математики.

АННОТАЦИЯ

Представлены требования к Internet-сервису контроля знаний в области математики. Описана архитектура системы и приведены краткие характеристики основных ее компонент. К особенностям предлагаемого подхода можно отнести отсутствие требования точного соответствия ответа пользователя эталонному ответу, замену анализа ответа пользователя постановкой задачи проверки возможности эквивалентного преобразования ответа к эталону и использование пакета символьной математики Maple или MathCAD для решения таких задач.

Введение

Не ослабевают интерес к Internet-системам компьютерной математики и специализированным математическим ресурсам, предоставляющим интерактивные математические сервисы [1], в том числе образовательные [2]. Традиционно подобные системы имеют встроенные средства оценки знаний с механизмами защиты от взлома, виртуальные классы, позволяющие преподавателю контролировать работу студентов, позволяют создавать примеры, анимированную графику, сервисы для ввода математических формул и многое другое. Они должны быть легко адаптируемы для обучения по другим дисциплинам, допускающим использование формализованных нотаций, — физике, астрономии, химии и т.п.

В рамках проекта создания элементов системы дистанционного образования Гродненского государственного университета разрабатывается Internet-ресурс интерактивной математики, цель которого — предоставить обучаемому совокупность интерактивных математических

сервисов, таких как примеры и упражнения, среды математических вычислений, инструментальные средства графической визуализации. Важное место в такой системе уделяется подсистеме компьютерного контроля знаний.

Требования к системе контроля знаний

Для решения проблемы компьютерного контроля знаний предложен ряд методик и создано большое количество программных систем, ориентированных как на локальный компьютер, так и на использование в среде Internet/intranet. Большинство подобных программных решений предлагает набор тестовых заданий, в которых испытуемый выбирает один или несколько правильных ответов из предложенного списка. Во многих случаях этого достаточно, чтобы оценить уровень теоретической подготовки испытуемого, однако подобные решения явно не эффективны для оценки уровня знаний в областях, где необходим ответ в свободной форме или для записи ответа необходимо использовать элементы языков специализированных нотаций, например в математике, физике, химии и т.п.

При попытке реализовать систему компьютерного тестирования, ориентированную на систему проектных нотаций предметной области, возникает ряд проблем, самые существенные из которых:

- обеспечение пользователю возможности ввода ответа с использованием системы обозначений, традиционно принятой в данной области знаний;
- предварительная обработка введенного ответа клиентским приложением тестирующей системы с целью контроля правильности синтаксиса введенных выражений;
- сравнение ответа пользователя с эталонным ответом. Введенный испытуемым ответ считается правильным не только при точном совпадении с эталоном, но и в случае, если он может быть сведен к эталонному ответу путем эквивалентных преобразований в рамках системы аксиом, соответствующих предметной области решаемой задачи.

Особенности архитектуры системы

Акцентируем внимание на основных аспектах, которые должны быть учтены при реализации архитектуры Internet-системы, предназначенной для решения указанных выше задач компьютерного тестирования:

3. Система должна быть клиент-серверным приложением, которое позволяло бы проводить дистанционный контроль знаний как в области высшей математики, так и в рамках школьной программы;

4. Взаимодействие пользователя с системой должно осуществляться посредством стандартного web-браузера без использования дополнительного программного обеспечения;

5. Пользователю должен быть предоставлен инструментарий для ввода математических выражений с использованием стандартно принятой

системы обозначений. Перед отправкой данных на сервер, испытуемый должен иметь возможность самостоятельно проверить синтаксическую правильность введенного ответа;

6. Для сравнения ответа пользователя с эталоном, которое заключается в исследовании возможности эквивалентного преобразования ответа к эталону и относится к кругу задач символьных преобразований, должен использоваться один из математических пакетов, допускающих символьные вычисления. Для связи клиентского приложения с используемым математическим пакетом необходимо разработать интерфейсный модуль и соглашения на формат передаваемой информации;

7. Должны быть разработаны методы постановки задач для проверки эквивалентности пар вида «ответ-эталон» для решения в среде используемого пакета. Очевидно, что они будут различаться для различных классов задач.

Принципы функционирования системы

В настоящее время разработан прототип системы для проведения тестового контроля знаний студентов и школьников в области математики.

В качестве стандарта обмена данными между компонентами системы выбран MathML [3] — специализированный язык разметки для представления структуры математических объектов. Документы со вставками MathML-кода отображаются большинством современных браузеров — Chrome, IE, Mozilla. Кроме того, современные версии математических пакетов — Maple [4], MathCAD, Mathematica — используют MathML как стандарт для экспорта/импорта данных.

При работе с системой испытуемый вводит свои ответы, используя встроенный в html-страницу Java-апплет. Апплет позволяет вводить математические формулы при помощи графического редактора формул, предоставляющего широкий выбор базовых обозначений для различных разделов математики: алгебры, теории множеств, дифференциального и интегрального исчисления, геометрии, рядов и т.д. Для работы со школьниками целесообразно разработать вариант упрощенного редактора формул, ориентированный на возможности и навыки этой категории пользователей. Введенный пользователем ответ преобразуется в MathML-строку и передается web-серверу.

Для обеспечения взаимодействия web-сервера и математического пакета, на который возложена задача исследования соответствия ответа пользователя эталону, используется специальный модуль, реализованный как СОМ-клиент. В его задачу входит получение ответа пользователя от web-сервера, извлечение эталонного ответа из базы данных, формирование задания для математического пакета, получение от него ответа, интерпретация ответа и передача его web-серверу.

Для удобства пользователя, ответ, передаваемый ему web-сервером, может быть представлен в формате MathML, что позволяет просматривать его в web-браузере в привычной для пользователя стандартной

математической записи.

Характеристика компонент архитектуры системы

На рис.1 приведена схема архитектуры Internet-системы, ориентированной на тестовый контроль знаний в области математики. Приведем краткую характеристику модулей и связанных с ними процессов обмена данными, связанными с реализацией и функционированием такой системы.

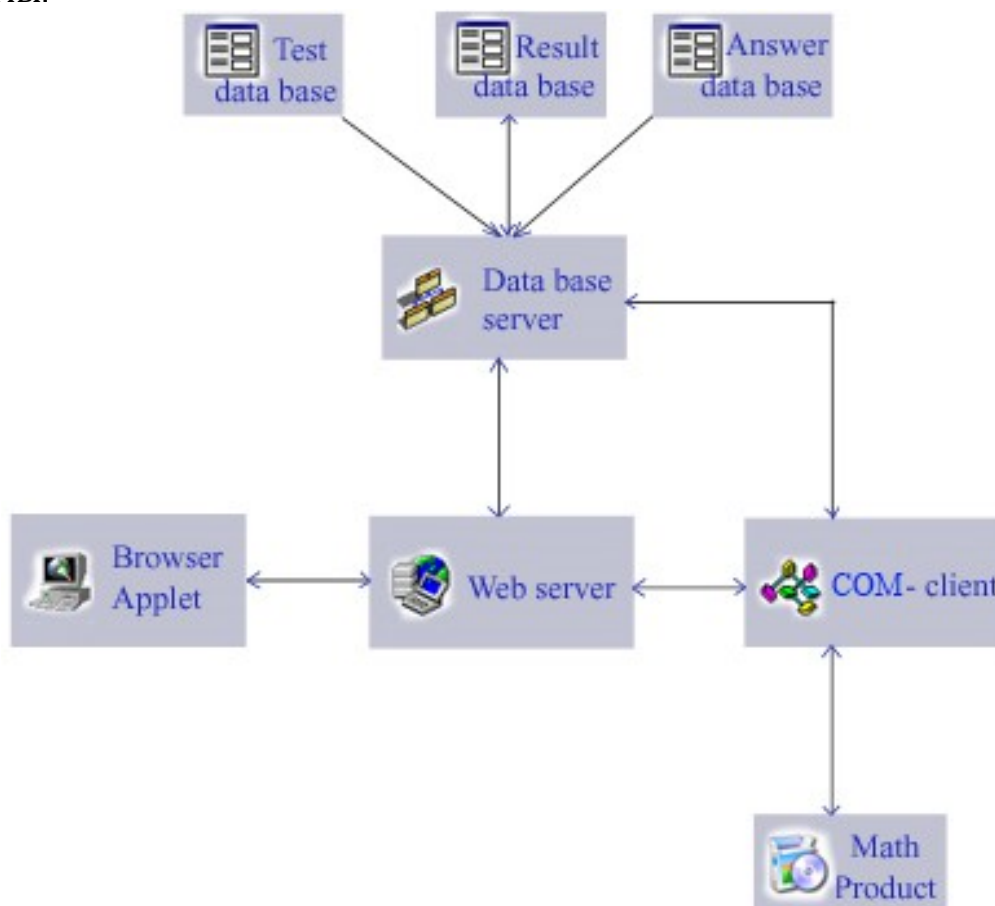


Рис.1. Схема архитектуры Internet-системы, ориентированной на тестовый контроль знаний в области математики

Удалённый компьютер пользователя, подключенный к Internet- или к intranet-сети, должен иметь web-браузер, поддерживающий Java- и XML-скрипты. При работе с системой испытуемый вводит свои ответы, используя встроенный в XML-страницу Java-апплет. Апплет позволяет вводить математические формулы при помощи графического редактора формул, работающего в стиле WYSIWYG, по возможностям и интерфейсу схожим с надстройкой Microsoft Equation пакета Microsoft Office. Параллельно с вводом ответа, апплет формирует MathML-код, соответствующий представлению введенных пользователем данных. По завершению ввода MathML-код передается web-серверу для дальнейшей обработки.

Web-сервер хранит управляющую CGI-программу и шаблоны XML-

документов, передаваемых на удаленный компьютер пользователя. Основной шаблон XML-документа предназначен для получения ответа пользователя и содержит подключённую библиотеку объявления типов и Java-апплет.

Управляющая CGI-программа соединяется с сервером баз данных и извлекает постановку математической задачи, на базе основного шаблона формирует XML-документ и отправляет его тестируемому. Полученный ответ (в виде MathML-строки) отправляется COM-клиенту. После получения результата от COM-клиента о правильности ответа тестируемого, CGI-программа отправляет серверу баз данных запрос на сохранение результатов ответа пользователя.

COM-клиент предназначен для организации проверки правильности ответа пользователя и связи с используемым в системе пакетом символьной математики. COM-клиент, используя сервер баз данных, извлекает эталон ответа для решаемой задачи. Используя ответ пользователя, эталон и информацию о типе решаемой задачи, формирует задание для математического пакета. Принимает от пакета ответ, свидетельствующий о степени правильности решения, и передает его web-серверу для сохранения в базе результатов и/или отправки пользователю.

Сервер баз данных обеспечивает структурированное и защищённое хранение данных системы online-тестирования, позволяет вести работу с ними, используя язык SQL. Обеспечивает работу с базами заданий, эталонов ответов, результатов тестирования. Имеет набор хранимых процедур для сбора статистических данных.

Пример работы компонент системы

Ниже приведен пример, показывающий этапы работы тестирующей Интернет-системы. Пусть перед пользователем стоит задача решения неопределенного интеграла $\int \sin(x)dx$, и его ответ есть $-\cos(x)+C$. Веб-сервер получит его ответ в формате MathML, к примеру, такого содержания (см.рис.2):

```
<apply>
  <plus/>
  <apply>
    <minus/>
    <apply>
      <cos/>
      <ci>x</ci>
    </apply>
  </apply>
  <ci>C</ci>
</apply>
```

Рис.2. Пример ответа пользователя в формате MathML

COM-сервер получает данные ответа пользователя и тип решаемой задачи, которая в нашем примере относится к области интегрального исчисления. Кроме того, COM-сервер получает эталон решения задачи из

базы данных. Предположим, что эталоном является $\sin(3\pi/2+x)+C$. Далее COM-сервер выдает, в соответствии с типом задачи, инструкции для математического пакета (предполагается, что мы используем Maple):

```
user_answer := MathML[import]
("<apply> <plus/>
<apply> <minus/>
<apply> <cos/> <ci>x</ci> </apply>
</apply>
<ci>C</ci>
</apply>");
etalon := sin(3π/2+x)+C ;
result := etalon — user_answer ;
```

Рис.3. Пример пакета, передаваемого на обработку

Команды пакета предлагают импортировать код MathML и перевести его в выражение вида $-\cos(x) + C$. Предпоследняя команда пакета содержит эталон, извлеченный из базы данных. Последняя команда пакета, после выполнения математическим пакетом всех необходимых эквивалентных преобразований, возвращает значение 0, если ответ пользователя оказалась правильным. Полученный результат возвращается COM-серверу, который возвращает его веб-серверу.

Подходы к классификации математических задач

Так как система предполагает разработку и использование эталонов решений задач для использования при проверке правильности ответов, необходимо произвести классификацию математических задач по некоторым критериям. Классификация задач школьной математики более проста, поэтому для рассмотрения возьмем задачи из школьного курса математики. Задачи высшей математики и задачи, исчерпывающие ответы на которые нельзя сформулировать, не обладая определенными специфическими знаниями, рассматривать не будем.

В процессе реализации проекта перед нами стояла цель — разбить задачи на определенные классы для того, чтобы в каждом классе произвести некоторого рода исследование на предмет решаемости этих задач в среде Maple, и только после этого сделать попытку обобщить наблюдения на каждой группе задач.

Первый подход к классификации задач учитывает два аспекта: область, в которой эта задача возникает, и характеристики самого ответа.

Классификация 1

1. Числовые значения: корни уравнений; текстовые задачи; геометрические числовые задачи.
2. Пары числовых значений: системы уравнений с двумя переменными; уравнения с двумя переменными.
3. Интервалы числовых значений: уравнения; неравенства; текстовые задачи.
4. Список числовых значений: системы уравнений трёх-четырёх и т.д.

- переменных.
5. Тригонометрические значения: тригонометрические значения без параметра.
 6. Пары тригонометрических значений: системы тригонометрических уравнений.
 7. Интервалы числовых значений: тригонометрические неравенства; тригонометрические уравнения.
 8. Алгебраические выражения с параметром: корни уравнений с параметром; текстовые задачи с параметром.
 9. Алгебраические выражения с двумя и более параметрами: корни уравнений с параметрами; текстовые задачи с параметрами.
 10. Пары алгебраических выражений с параметрами: системы уравнений с двумя переменными с параметрами; уравнения с двумя переменными с параметрами.
 11. Интервалы алгебраических выражений с параметрами: неравенства с параметрами.
 12. Тригонометрические значения с параметром: тригонометрические значения с параметром.
 13. Фиксированный текстовый ответ: текстовые задачи; геометрические задачи; смешанные задачи.
 14. Выборочный ответ: любые задачи.

Классификация 2

Второй подход основывается только на характеристиках самого ответа. Особенностью данного подхода является то, что при сравнении ответа с эталоном формулировка задачи хотя и имеет свой вес, однако в идеальном случае проверка правильности ответа не зависит ни от самой задачи ни от метода её решения.

Это, в то же время, не избавляет нас от необходимости решить задачу средствами Maple по следующим причинам:

- предварительное решение задачи средствами аналитического или численного решения избавляет от возможных ошибок при проверке ответа пользователя;
- получение ответа в формате «удобном» для Maple значительно упрощает и предсказывает процедуру проверки.

Второй подход к классификации включает:

1. Исключительно числовые значения: интервалы; списки значений; одиночный ответ.
2. Вычисляемые значения, использующие готовые функции и предопределенные константы
3. Списки вычисляемых выражений
4. Одиночное вычисляемое выражение
5. Параметрические (символьные) выражения с заданием области определения параметров.

6. Ответы на тригонометрические уравнения
7. Ответы на тригонометрические системы уравнений
8. Задачи на упрощение многочленов
9. Текстовый или произвольный вид ответа.

Следует отметить, что, к примеру, при решении задачи сравнения ответов для нас не имеет значения разница в ответах $\{a^2 - a + 1, a \in \mathbb{Z}\}$ или $(x+1)(x+8)$, хотя формулировки и области применения этих задач могут различаться.

Пример организации и сравнения ответов. Сравнение интервалов

Термин интервал применительно к школьному курсу математики обозначает подмножество множества действительных чисел. В Maple не существует аналогичного типа данных. Поэтому для сравнения ответов интервального вида будем использовать следующий алгоритм.

```

> user:=[x>2,x<-2];
user := [2 < x, x < -2]

> user:=convert(user,set);
user := { 2 < x, x < -2 }

> etalon:=solve(MathML[Import](
"<math xmlns='http://www.w3.org/1998/Math/MathML'>
  <apply id='id5'> <gt/> <apply id='id3'><power/>
  <ci id='id1'>x</ci> <cn id='id2' type='integer'>2</cn></apply> <cn id='id4'
type='integer'>4</cn></apply></math>"),x);
etalon := RealRange(-∞, Open(-2)), RealRange(Open(2), ∞)

> etalon:=[etalon];
etalon := [ RealRange(-∞, Open(-2)), RealRange(Open(2), ∞) ]

> i:=1;
etalon1:=[];
while type(etalon[i],list)<>0 do
  etalon1:=[op(etalon1),op(etalon[i])];
  i:=i+1;
end do;

i := 1
etalon1 := [ ]
etalon1 := [-∞, Open(-2)]
i := 2
etalon1 := [-∞, Open(-2), Open(2), ∞]
i := 3

> etalon:=etalon1;
newetalon:=[];
i:=1;
while type(etalon[i],list)<>0 do
  if((etalon[i]=infinity)or(etalon[i]=-infinity)) then
    i:=i+1; continue;
  end if;
  if(type(i,odd)) then

```

```

if(op(etalon[i])-etalon[i]=0) then
newetalon:=[op(newetalon),x>=op(etalon[i])]
else
newetalon:=[op(newetalon),x>op(etalon[i])]
end if;
else
if(op(etalon[i])-etalon[i]=0) then
newetalon:=[op(newetalon),x<=op(etalon[i])]
else
newetalon:=[op(newetalon),x<op(etalon[i])]
end if;
end if;
i:=i+1;
end do;
>
      etalon := [-∞, Open(-2), Open(2), ∞]
      newetalon := [ ]
      i := 1
      i := 3
      i := 4
> newetalon:=convert(newetalon,set);
      newetalon := {2 < x, x < -2}
> user-newetalon;
      0
>

```

Результат сравнения подтверждает правильность ответа пользователя.

Заключение

Использование предложенного Internet-ресурса позволяет контролировать не только правильность ответа, представленного в числовой форме или форме строки, содержащей выражение простой структуры, но также и ответ в форме последовательности промежуточных преобразований, приводящих испытуемого к конечному ответу. Причем такой контроль выполняется средствами пакета символьной математики и требует только подготовки эталонного ответа и внутреннего преобразования ответа испытуемого в формат MathML.

Литература

1. Wolfram|Alpha: Computational Knowledge Engine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wolframalpha.com/>. — Дата доступа: 01.10.2014.
2. WWW Interactive Mathematics Server [Электронный ресурс]. — Режим доступа: — <http://wims.unice.fr/wims/>. — Дата доступа: 01.10.2014.
3. W3C® Math Home [Электронный ресурс]: Сайт организации W3C. — Режим доступа: <http://www.w3.org/Math/> - Дата доступа: 01.10.2014.
4. Официальная страница Maple на сайте разработчика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.maplesoft.com/products/Maple/index.aspx>. — Дата доступа: 01.10.2014.

Токтарова В.И.¹, Благова А.Д.²

¹ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, канд. пед. наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики, e-mail: toktarova@yandex.ru

²ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, студентка 5 курса физико-математического факультета, e-mail: nastyablagova@gmail.com

Разработка и реализация компьютерной обучающей системы по программированию мобильных приложений³

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Компьютерные средства обучения, мобильные приложения, программирование, мобильное обучение, образовательный процесс, высшая школа.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием, разработкой и реализацией компьютерной системы обучения программированию мобильных приложений. Приводятся описание основных модулей программного продукта, возможности использования в профессиональной подготовке студентов направления 010400 «Прикладная математика и информатика».

В настоящее время одной из ведущих тенденций в системе образования является переход к электронному обучению, формирующему основу информационного общества. На основе компьютерных образовательных средств и мобильных технологий, получивших массовое распространение, появилась возможность осуществлять работу с учебным материалом независимо от времени и местоположения обучаемых [1, 2].

В соответствии ГОСТ Р 52653-2006 *мобильное обучение (mobile learning, m-learning)* рассматривается как электронное обучение с помощью мобильных устройств (смартфонов, планшетов, нетбуков, коммуникаторов и др.), не ограниченное местоположением учащегося [3]. Актуальность развития m-learning обусловлена многими факторами: формированием новых потребностей общества по отношению к технологиям современного образования, развитием рыночной экономики, совершенствованием форм обучения. В связи с чем и возникают новые требования к проектированию и разработке компьютерных средств обучения программированию мобильных приложений, их эффективному внедрению в образовательный процесс вуза.

На кафедре прикладной математики и информатики ФГБОУ ВПО

³ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых российских ученых — кандидатов наук № МК-1634.2014.6.

«Марийский государственный университет» создана и внедрена компьютерная обучающая система «Разработка приложений для ОС Android» — интерактивный обучающий комплекс, предназначенный для углубления и закрепления знаний и умений обучаемых в области реализации мобильных приложений для платформы Android (рис.1).

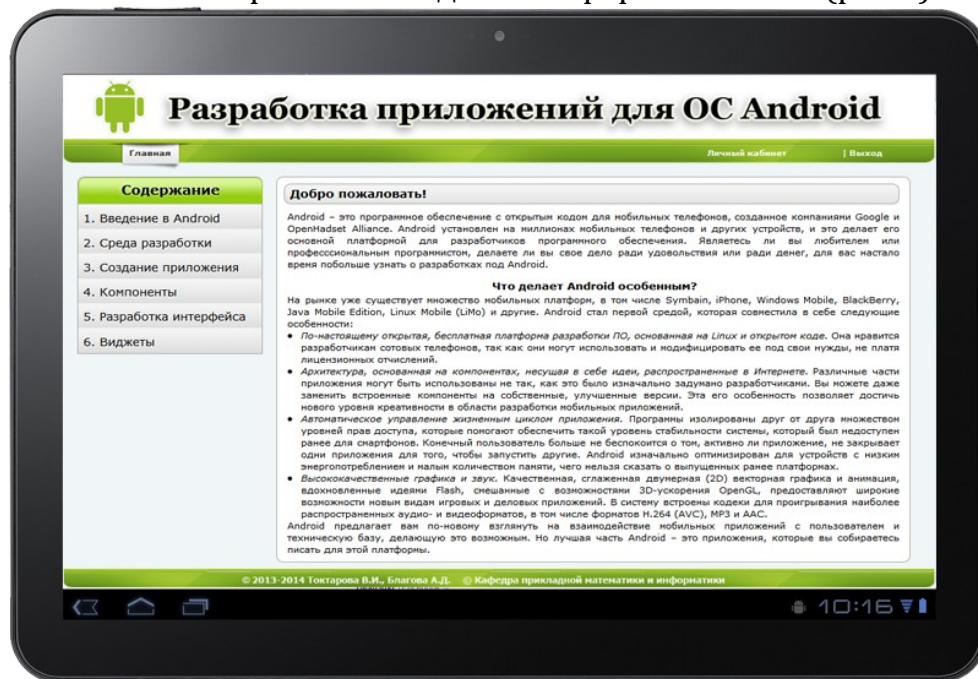


Рис. 1. Фрагмент обучающей системы

Android — операционная система для смартфонов, планшетных компьютеров, электронных книг, цифровых проигрывателей, наручных часов, игровых приставок, нетбуков, смартбуков, и других устройств [4]. К основным преимуществам разработки приложений относятся свободное и открытое программное обеспечение; возможность замены встроенных компонентов на собственные, улучшенные версии; автоматическое управление жизненным циклом приложения; наличие высококачественной графики и звука.

Модульное структурирование учебного материала

Одной из важнейших характеристик при проектировании компьютерных обучающих систем является логическая структура организации учебного материала, т.е. упорядоченность элементов, определяющих целостность построения курса. Под учебным модулем понимается автономная организационно-методическая структура дисциплины, которая включает в себя дидактические цели, логически завершённую единицу учебного материала, методическое руководство и систему контроля. Структурно обучающая система «Разработка приложений для ОС Android» состоит из шести тематических модулей: М1 — Введение в Android; М2 — Среда разработки; М3 — Создание приложения; М4 — Компоненты приложения; М5 — Разработка интерфейса; М6 — Виджеты. Каждый модуль также подвергается

внутреннему структурированию: разбиению на учебные элементы — блоки, опирающиеся на частные дидактические цели (рис. 2) Так, например, учебный модуль М5 включает в себя элементы М5.1 — Деревья представлений, М5.2 — Разметка, М5.3 — Инициализация представлений, М5.4 — Стандартные разметки, М5.5 — Отладка интерфейса.



Рис.2. Модульная структура курса

При составлении и анализе структуры учебного курса была определена такая характеристика системы, как значимость элемента в ее структуре. Число, характеризующее действующие связи, — ранг; при проектировании компьютерной системы разделы, обладающие высоким рангом, требуют тщательного дидактического оформления. Так, например, элементы 1.1 — Уровень ядра и 1.2 — Уровень библиотек имеют наибольшие величины доминирования, на них было обращено особое внимание, тщательно продумано как содержание информационных кадров, так и контроль качества изучения учебного материала.

В соответствии с функциональным назначением определены следующие структурные компоненты системы.

Теоретический модуль, являющийся основной частью системы, представлен в виде лекций, которые охватывают самые значимые аспекты изучаемого материала. Лекционный курс построен на модульной основе, позволяет пользователю определить не только оптимальную траекторию изучения материала, но и удобный темп работы. Дополнительно для каждой темы разработаны аудио и видеолекции, презентации, конспекты (рис. 3).

Практический модуль представлен в виде лабораторных работ по темам модулей обучающего курса (рис. 4). Основной их задачей является закрепление изученного материала, выработка умений и профессиональных навыков в области разработки мобильных приложений. Лабораторные работы, в соответствии с положениями теории поэтапного формирования знаний и умений, представлены тремя видами

ориентированной основы деятельности (ООД): полной (включены все необходимые для выполнения действия ориентиры); неполной (указывается исполнительная часть решение и образец конечного результата); инвариантной (ориентиры представлены в обобщенном виде).

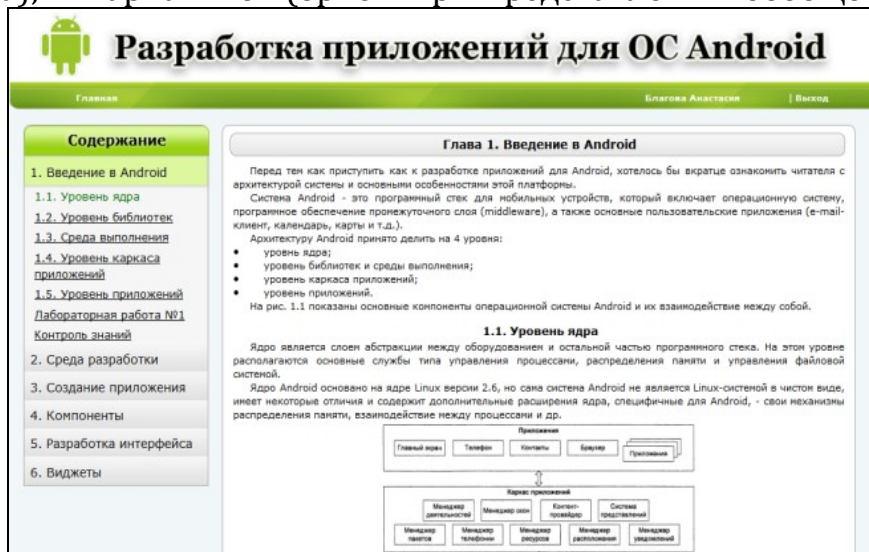


Рис. 3. Фрагмент теоретического модуля

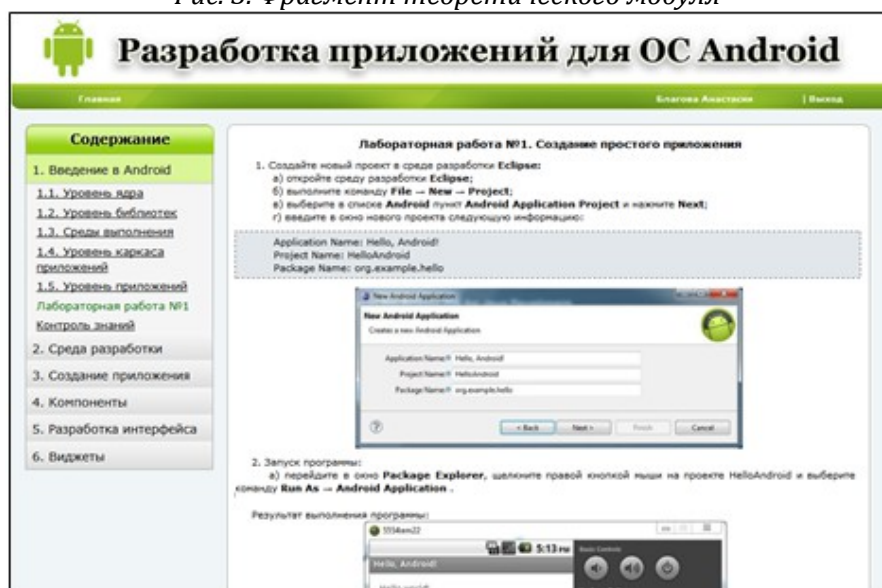


Рис. 4. Фрагмент практического модуля

Модуль контроля знаний включает в себя систему тестов, контрольные работы и экзамен (рис. 5), главной его задачей является количественная и качественная оценка степени усвоения материала. После его прохождения выдается развернутый результат, включающий итоговую оценку, процентное соотношение правильно выполненных заданий, показатель уровня усвоения учебного материала, коэффициенты прочности усвоения и автоматизации знаний, затраченное время, а также перечень тем, которые следует повторить.

Модуль дополнительной информации содержит методические рекомендации по работе с учебным материалом, руководства пользователя

по установке и сопровождению компьютерной системы.

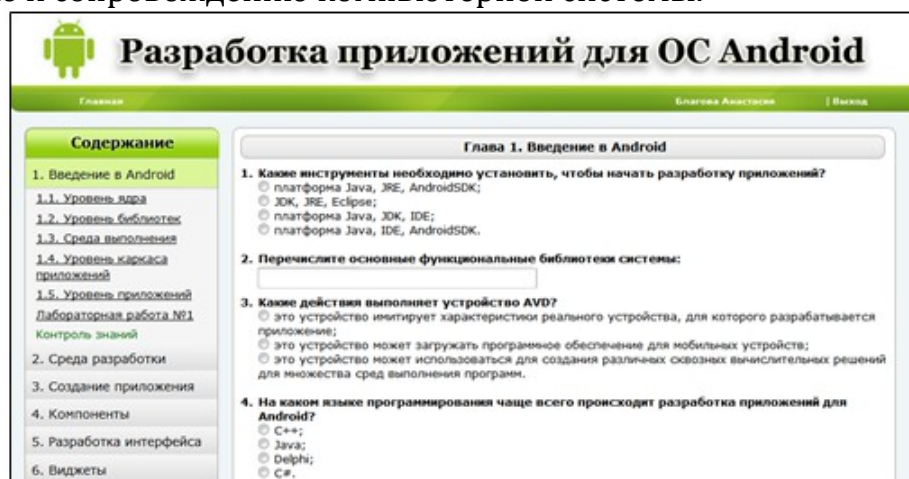


Рис. 5. Фрагмент модуля контроля знаний

В качестве средств разработки компьютерной обучающей системы были использованы клиент-серверные технологии Java, позволившие реализовать версии для компьютеров и различных мобильных устройств, возможность предоставления доступа к веб-сервисам организации общения и коммуникации (форум, чат, блоги), проведения вебинаров, аудио- и видеоконференций, взаимодействие в социальных образовательных сетях и сообществах. В системе предусмотрено три уровня доступа: администратор, преподаватель и студент. Преподавателю доступны функции просмотра рейтинга успеваемости обучаемых, формирования подробного отчета о результатах выполнения лабораторных и контрольных работ, выбора уровня сложности заданий индивидуально для каждого обучаемого или группы. Кроме работы с учебным материалом и заданиями, в личном кабинете студенту доступны функции просмотра результатов выполнения лабораторных и контрольных работ с возможностью выгрузки подробного отчета, а также обмена данными с преподавателем с помощью формы обратной связи. В качестве инструментов для разработки компьютерной обучающей системы были использованы среды NetBeans, Eclipse, Android SDK, Apache Tomcat, СУБД MySQL и ряд других вспомогательных средств.

Апробация компьютерной системы. В 2013-2014 учебном году разработанная система была апробирована в рамках учебно-педагогического процесса со студентами третьего курса направления 010400 — Прикладная математика и информатика. Для определения технической готовности обучаемых и анализа использования ими мобильных устройств и приложений было проведено анкетирование, в котором приняли участие 86 студентов. Результаты показали, что у 100% студентов имеются телефоны (не менее одного), у 86,05% — смартфоны и у 83,72% — ноутбуки. В ходе эксперимента был проведен анализ наиболее востребованных мобильных образовательных сервисов, применяемых в учебном процессе (рис.6).

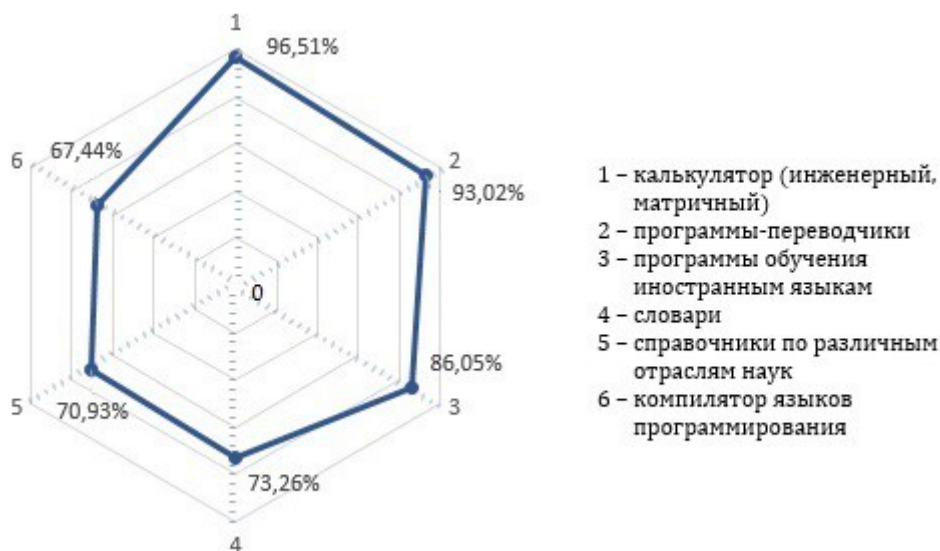


Рис. 6. Результаты анкетирования студентов

Анализируя полученные ответы можно сделать вывод, что студенты в процессе обучения используют все вышепредставленные мобильные приложения, но наиболее востребованными являются калькулятор и программы для перевода текстов с/на иностранные языки. Из числа опрошенных 93,02% изъявили желание пройти обучение в мобильной форме; по мнению 89,53% студентов возможность хранения учебных материалов в мобильных устройствах является наиболее удобной. Кроме этого, 80,23% респондентов отметили, что внедрение мобильного обучения повысит качество образования. О необходимости разработки мобильных приложений и их внедрения в образовательный процесс вуза заявили 90,7% студентов, а 73,26% студентов-программистов изъявили желание в будущем стать специалистами по разработке мобильных приложений.

Результаты экспериментального обучения подтвердили эффективность реализации обучающей системы, способствующей совершенствованию ресурсного обеспечения образовательного процесса вуза в контексте мобильного обучения. По итогам апробации компьютерная обучающая система «Разработка приложений для ОС Android» была зарегистрирована в официальном бюллетене Роспатента и Реестре программ для ЭВМ (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014618616 от 26 августа 2014 г.) и внедрена в процесс обучения студентов физико-математического факультета.

Литература

1. The Mobile Learning Network (MoLeNET) [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://www.molenet.org.uk/> (дата обращения 20.08.2014 г.).
2. The MOBI learn project [Электронный ресурс] / Режим доступа: URL: <http://www.mobilearn.org> (дата обращения 20.08.2014 г.).
3. ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии в образовании: термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2007. — 12 с.
4. Официальный сайт Android [Электронный ресурс] // URL: <http://android.com> (дата обращения 20.08.2014 г.).

Чиркова Л.Н.¹, Борщик Л.Н.²

¹ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск, к. п. н., доцент кафедры экспериментальной математики и информатизации образования, e-mail: lncir@yandex.ru

²ГАОУ «Сосногорская гимназия» г. Сосногорск, Республика Коми, заместитель директора по учебно-воспитательной работе, e-mail: lnb024@yandex.ru

К вопросу о развитии дидактики в условиях электронного образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Дидактика, электронное обучение, информационные технологии.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается ряд вопросов эволюции дидактики и проблематики электронного обучения в информационном обществе.

Современное российское образование переживает период модернизации, связанный с широким внедрением в образовательный процесс информационных и телекоммуникационных технологий. Это обуславливает актуальность замены традиционной парадигмы образования на новую, в основу которой положены системно-деятельностный, компетентностный подходы, требующие, в свое время, создания новых дидактических форм, методов и средств обучения.

Дидактика традиционно рассматривается как отрасль педагогики, предметом которой является теория образования и обучения, закономерности, принципы, цели, содержание, формы и методы, средства, организация учебного процесса, результаты обучения.

Дидактика в условиях информационного общества направлена на решение проблем, связанных с особенностями внедрения в науки об образовании информационных технологий, активно используемых в процессе обучения, обеспечивающих автоматизацию поиска, сбора, хранения и обработки данных, визуализацию и виртуализацию информации, позволяющих вести интерактивный диалог на основе реализации обратной связи пользователя и компьютерной системы.

Остановимся на характерных изменениях, происходящих на современном этапе развития дидактической науки в свете изменения парадигмы учебно-информационного взаимодействия обучающихся, обучающихся и интерактивным источником информации, позволяющим реализовать дидактические возможности ИКТ и требующих научно-методического обеспечения безопасности личности в современных условиях информатизации.

Основные теоретические положения дидактики, определяющие ее развитие в условиях информатизации образования и являющиеся базой для разработки моделей новых методических систем, сформулированы коллективом института информатизации образования Российской академии образования под руководством И.В.Роберт. К ним относятся парадигмальные изменения в сфере образования, связанные с появлением учебного информационного взаимодействия между обучающимся, обучаемым и интерактивным источником информационного образовательного ресурса, а именно:

- изменение целей, результатов, организационных форм, методов и средств обучения в условиях электронного обучения;
- возникновение новых видов учебной деятельности;
- изменение структуры представления учебного материала (вместо линейного или концентрического представления — нелинейное, гипертекстовое, гипермедийное);
- изменение видов учебно-методического материала (возникновение интерактивных электронных учебников, электронных тестов и др.);
- интеллектуализация информационных систем, обеспечивающих автоматизацию и управление технологическими процессами в сфере образования;
- наличие «виртуального мира»;
- нивелирование авторитета преподавателя [1].

В аспекте вышеизложенного следует уточнить и основные положения современной дидактики, вызванные информатизацией образования. Термин для обозначения этой новой области дидактики в науке пока не введен. Поэтому ряд ученых называет ее «электронной дидактикой», полагая, что термин связан с использованием современных информационно-коммуникационных технологий обучения (Е.В. Ширшов, Н.Е. Бекетова и др.) или е-дидактикой (e-didactics) в свете общепризнанного термина E-learning [2].

В частности, в отличие от традиционной, знаниевой дидактики, объектом дидактики в современных условиях информатизации образования становится процесс образования, реализованный в информационно-образовательной среде и направленный на развитие и реализацию интеллектуального потенциала обучающихся, достижение образовательных целей в соответствии с уровнем развития информационного общества.

Предметом электронной дидактики является учебный процесс, организованный в виртуальной информационной среде, закономерности этого процесса и соответствующие этим закономерностям методы и формы его организации.[3]. То есть современная дидактика, также как и традиционная, в качестве предмета рассматривает процесс образования в целом (содержание образования, средства обучения, организационные

формы и методы обучения, воспитательную роль учебных предметов, условия для благоприятного умственного развития и др.). Но в условиях информатизации образования все эти составляющие компоненты расширяются и видоизменяются, а именно:

- в содержании образования происходит переструктурирование рабочих программ, изменяется объем и содержание учебного материала, появляется интеграция учебных предметов, интерактивный контент, соответствующий заказу общества, уровню развития современной науки и технологий, необходимости интенсификации процесса интеллектуального развития и саморазвития личности;
- традиционные учебники, справочники, словари и другие печатные учебные издания вытесняются новой педагогической продукцией — электронными образовательными ресурсами (ЭОР), составленными на основе нелинейных способов подачи информации и интерактивности;
- в учебно-методический комплект входят средства для поддержки процесса преподавания, программные средства учебного назначения, прикладные программы, учебные среды программирования, предметно-ориентированные программные среды, объектно-ориентированные программные среды (текстовый и графический редакторы, база данных, электронные таблицы и др.), управляющие робототехнические программные среды, диагностические и тестовые программы, а также методические рекомендации по их использованию отдельно для учеников и учителей;
- привычные всем традиционные технические средства обучения заменяются на программно-аппаратные средства (компьютеры, интерактивные доски, планшеты, мобильные устройства и другую цифровую технику), предоставляющие уникальную возможность хранения, передачи, обработки больших объемов информации, легкого доступа и обращения к ней, работы в режиме on-line, автоматизации процессов контроля за результатами учебной деятельности и многое другое;
- новые организационные формы и методы обучения, реализующие возможности мультимедиа, веб-технологий с гипертекстовой подачей материала и основанные на активных и самостоятельных формах приобретения знаний, вытесняют привычные демонстрационные и иллюстративные методы обучения; интерес обучающихся вызывают информационно-поисковые системы, учебно-игровые программные средства, в основу которых положены различные ситуации, вызывающие мотивацию участия обучающегося в деловой игре;
- использование информационных технологий совместно с элементами математической статистики позволяет

автоматизировать процессы управления информационными потоками, педагогическими проектами, планирования, организации и мониторинга учебного процесса, способствуя автоматизации ведения делопроизводства в образовательном учреждении, совершенствованию инфраструктуры системы образования в целом.

Современная стратегическая линия образования, заключающаяся в отказе от передачи готовых знаний, нацелена на создание условий и механизмов саморазвития, самореализации, личностного и профессионального становления человека. Исходя из этого, основной целью обучения в современной электронной дидактике становится подготовка обучающегося к самостоятельной деятельности по приобретению знаний с использованием средств электронного обучения, которое в ст.16 Закона 273-ФЗ "Об образовании в РФ" понимается как организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников [4].

Основные задачи традиционной дидактики также следует дополнить положениями в свете современного видения целого ряда проблем, связанных с внедрением в образовательный процесс электронного обучения, созданием единой интегрированной информационной образовательной среды и использованием государственных информационных систем (ГИС) «Электронное образование» для эффективного управления системой образования.

В этих условиях основными задачам электронной дидактики становятся:

- определение структуры, объема и содержания образования, удовлетворяющего эргономическим, здоровьесберегающим требованиям безопасности образования в условиях использования информационных и коммуникационных технологий, научно-техническому уровню развития общества, возрастным психологическим особенностям обучающихся;
- развитие новых форм, приемов и методов обучения, создание авторских методик, способствующих интенсификации образовательного процесса;
- создание условий для развития информационной культуры, максимальной активизации самостоятельной продуктивной деятельности, реализации творческих способностей личности и стремления к постоянному самосовершенствованию путем самообразования.

Внедрение информационных технологий в образовательный процесс в условиях информатизации образования приводит к изменению функций педагога, который скорее становится организатором, консультантом, исследователем, разработчиком авторских электронных образовательных ресурсов, которые с дидактической точки зрения обладают важнейшим преимуществом — возможностью их интерактивного оформления.

Однако реализация образовательных программ с применением электронного обучения сопряжена с рядом проблем. Обозначим некоторые из них.

Первая проблема связана с разработкой новых требований (стандартов) к электронным образовательным ресурсам (ЭОР) и использованию инструментальных средств ИКТ и технологий в учебной деятельности. Требования к структуре ЭОР и инструментальным средствам должны быть такими, чтобы создавать условия для эффективной самостоятельной работы обучающихся по освоению содержания предмета, для приведения знаний в систему, использования их в различных ситуациях.

Несмотря на то, что на специализированных порталах размещено множество готовых ЭОР, обучающих программ по различным предметам, разработанных на достаточно высоком профессиональном уровне, большинство педагогов предпочитают использовать простые, но самостоятельно изготовленные на основе текстовых редакторов, презентации Power Point, табличного процессора Excel и т.п. педагогические продукты. Это связано с тем, что освоение коллекций готовых учебных объектов отрывают у обычного педагога множество времени, а создание сложных ЭОР требуют достаточно высокого уровня профессионализма в области ИКТ. Кроме того, у каждого учителя с годами формируется собственный стиль преподавания, поэтому материалы из библиотек электронных наглядных пособий он конфигурирует «под себя» в соответствии с выбором цели, формы, содержания урока и, что немаловажно, удобства их использования на уроке и наличия дизайнерского решения.

Выход из создавшегося положения видится в модернизации подготовки учителей новой школы, максимального включения в образовательные программы основ электронной дидактики, более эффективной организации и перепроектирования содержания курсов повышения квалификации педагогов, включающих в программу переподготовки кадров создание и развитие системы специализированных коллекций медиаобъектов по различным областям знаний и сферам деятельности и их дальнейшую сертификацию.

Вторая проблема связана с разработкой методики использования в обучении инструментальных программных средств, обеспечивающих применение учащимися компьютера как инструмента для освоения знаний, а также новых методик и технологий организации учебной деятельности в информационно-образовательной среде; разнообразия способов и приемов

поддержки мотивации обучающихся, интерактивной дидактической поддержки самостоятельной работы в виртуальной среде, развития познавательных процессов с использованием предметных виртуальных мультимедиа-ресурсов, систем заданий для самостоятельной работы обучающихся по формированию их компетентности в выполнении различных видов деятельности.

Третья проблема затрагивает учебно-методическое обеспечение деятельности обучающихся, обеспечение их сертифицированными электронными учебниками, словарями, справочниками, дидактическими материалами, поддерживающими развитие самостоятельности обучающихся. Связи с этим необходимо обеспечить доступ к электронным библиотекам, каталогам образовательных ресурсов, электронных музеев, коллекциям текстов, графики, опорных конспектов, учебных аудио- и видеоматериалов, моделей, Flash-приложений, презентаций, электронных тестов, виртуальных лабораторий, электронных тренажеров, электронных дидактических игр и др.

Четвертая проблема видится нам в обновлении форм организации учебных занятий в условиях информатизации образования в рамках традиционной классно-урочной системы. В российской школе накоплен огромный опыт, обеспечивающий разнообразие форм ведения уроков. Это уроки лекции, уроки конструирования знаний с помощью технологической карты, уроки взаимоконтроля, уроки-конференции, уроки изобретательства, защиты проектов, уроки решения задач, игровые уроки, нестандартные уроки, семинарские занятия, уроки общественного смотра знаний, уроки-диспуты, уроки-ролевые игры, уроки-пресс-конференции, уроки-соревнования, турниры, уроки-конкурсы, уроки-путешествия, аукционы, уроки — театрализованные представления, уроки творчества, комплексные творческие уроки, творческие отчеты, уроки-консультации («желтые уроки» Г.Д.Луппова), уроки-обобщения, уроки-экскурсии, урок — творческие мастерские и многие другие.

Важно не растерять этот арсенал, а модернизировать его применительно к новым условиям информатизации образования на основе использования компьютерной техники. Например, современная лекция становится интерактивной по форме видеолекцией, по содержанию — межпредметной, уроки-зачеты проводятся в форме Internet — тестирования, уроки- дискуссии — в форме Internet-дискуссии, защита творческой работы может происходить в рамках Internet-конференции, учебная экскурсия превращается в заочную видеоэкскурсию, практикум по моделированию — в Internet или CD — практикум. На игровых уроках учителя используют учебные компьютерные игры с целью переориентации интересов обучающихся с коммерческих компьютерных игр, которые порождают у них серьезные психологические проблемы, на игры, имеющие воспитательную направленность. Контент этих игр должен быть наполнен материалами изученных тем, учебно-познавательных ситуаций и

обеспечивать возможность поиска ответов на вопросы. Для решения данной проблемы необходимо развитие новых научных школ по конкретным предметам.

Следующая проблема определяет обеспечение управления, контроля и мониторинга учебных достижений обучающихся и связана с разработкой, совершенствованием и использованием экспертных систем в организации учебной деятельности учреждений образования.

Например, система ГИС «Электронное образование»[5], внедренная в школах Республики Коми, практически полностью реализует государственные, муниципальные и школьные услуги в сфере образования. Система обеспечивает контроль за деятельностью любого образовательного учреждения по всей вертикали власти от Министерства образования до конкретного учреждения на основе единой базы данных. Администрация, учителя, родители, обучающиеся оценили удобство использования данной системы, которая включает в себя электронный журнал, электронный дневник и другие сервисы. Администрация теперь имеет возможность оперативно проверить состояние рабочих программ по всем предметам, выполнение учебного плана, программ, своевременность выставления оценок в электронном журнале. Учителя оценили возможность знать об изменениях в расписании уроков, оперативную связь с родителями, заполнение журнала в любое удобное для учителя время, возможность связи с любым учеником во внеурочное время, организацию чатов. Для родителей особенно ценна оказалась система интерактивного общения с учителем для решения проблем, возникающих у ребенка в школе, и обеспечение контроля домашнего задания.

Таким образом, подводя итоги рассуждениям по поводу изменений в современной дидактике, сделаем вывод: современная дидактика исследует процесс обучения, функционирующий посредством помещения обучающегося в информационную образовательную среду с доминирующей тенденцией к самообучению. Это приводит к нелинейному проектированию учебных курсов, в которых содержится базовый и дополнительный материал, упражнения и задачи, имеющие проблемный и исследовательский характер; изменению частных методик преподавания, разработке новой системы управления процессом учения.

Материалы данной статьи легли в основу разработки рабочей программы по дисциплине «Развитие дидактики в условиях информатизации образования» для магистрантов, обучающихся по направлению «Педагогическое образование», программе «Информационные технологии в образовании», которая реализуется в САФУ им. М.В. Ломоносова.

Литература

1. Роберт И.В. Развитие дидактики в условиях информатизации образования как трансфер-интерактивной области научного познания (концепция). М.: ИИО РАО, 2014 — 38с.
2. Фролов И.Н. E-learning как форма обучения в XXI веке. Информатика и образование. — М, 2009.

№2

3. Ширшов Е.В. , О.В.Чурбанова Педагогические условия проектирования электронных учебно-методических комплексов, Архангельск, АГТУ, 2005- 307с.
4. Закон 273-ФЗ "Об образовании в РФ"
5. <http://giseo.ru>

**СЕКЦИЯ 3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЛУЧШАЯ
ПРАКТИКА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ**

Татаринов В.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, к.ф.-м.н., доцент
кафедры «Экология и промышленная безопасность», viktor.tatarinov@bk.ru

Разработка комплексных дисциплин для учебных ситуационных центров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ситуационный центр, комплексная дисциплина, статистика экстремальных значений, методы анализа данных, чрезвычайная ситуация (ЧС).

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждаются особенности методики проведения занятий в ситуационных центрах. В рамках специальности магистратуры по направлению «Защита в ЧС» предложена комплексная дисциплина «Прикладные методы анализа рисков природных и техногенных ЧС». Разработан примерный план дисциплины с разбиением по темам и видам занятий.

В соответствии с Федеральным законом «О стратегическом планировании» № 172-ФЗ от 28 июня 2014 г. [1] в целях обеспечения информационно-аналитической поддержки стратегического планирования и повышения эффективности государственного управления в Российской Федерации, в том числе при возникновении чрезвычайных (кризисных) ситуаций, а также для наполнения распределенной информацией федеральной информационной системы стратегического планирования в России должна быть создана система распределенных ситуационных центров (СРСЦ).

В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» [2] прямо указано на то, что информационно-аналитическая поддержка реализации названной Стратегии должна осуществляться с использованием СРСЦ. Для этого в среднесрочной перспективе потребуется преодолеть технологическое отставание в важнейших областях информатизации, телекоммуникаций и связи, разработать и внедрить технологии информационной безопасности в системах государственного и военного управления.

Целесообразность использования ситуационного центра в образовательном процессе определяется, в частности, следующими их возможностями:

- создание интегрированной информационно-аналитической среды для проведения занятий на основе новых возможностей по

визуализации информации;

- организация взаимодействия с обучаемыми в процессе коллективного обсуждения проблемы с использованием моделирования и анализа различных ситуаций.

В сентябре 2014 года в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана был открыт Научно-учебный центр управления в кризисных ситуациях (НУ ЦУКС).

Новый центр МГТУ создан для непрерывной профессиональной подготовки и повышения квалификации специалистов, отвечающих за безопасность жизнедеятельности и гражданскую оборону в области прогнозирования, предупреждения, защиты от угроз и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера, обеспечения пожарной и комплексной безопасности.

Одной из важнейших функций центра будет организация командно-штабных, комплексных, опытно-исследовательских учений, штабных тренировок на всех уровнях системы государственного управления.

Образовательная составляющая деятельности центра будет включать в себя обучение студентов и переподготовку кадров по специальностям «Анализ и управление рисками», «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», «Защита в ЧС» и «Техносферная безопасность». В ходе учебы студенты смогут проверить соответствие принимаемых ими управленческих решений документам МЧС России, получить навыки организации взаимодействия органов управления и аварийно-спасательных сил РСЧС, управления силами и средствами РСЧС и приданными силами.

Опыт эксплуатации в учебных целях существующих ситуационных центров позволяет выделить следующие виды занятий [3, 4]:

- лекции-демонстрации;
- лекции-дискуссии;
- анализ конкретных ситуаций;
- командно-штабные учения;
- деловые игры.

Методическим обеспечением учебного ситуационного центра могут являться [5]:

- постановка проблем и сценарии проведения конкретных занятий, описания используемых методов, моделей, алгоритмов и программ;
- режиссерские сценарии проведения конкретных занятий;
- типовые сценарии проведения активных видов занятий;
- типовые сценарии поддержки коллективных действий на этапах решения проблем;
- модели проблемных ситуаций и сценариев проведения конкретных занятий для отображения в метабаза учебного контента.

В рамках специальности магистратуры по направлению «Защита в

ЧС» предлагается комплексная дисциплина «Прикладные методы анализа рисков природных и техногенных ЧС».

Примерный план дисциплины.

Лекции.

1. Введение. Основные понятия и обозначения.

2. Основные результаты классической теории экстремальных значений.

3. Графические статистические средства.

4. Статистическая обработка многолетних наблюдений.

5. Методы оценки и прогнозирования параметров лесных пожаров на основе метеорологических данных.

6. Методы количественного анализа статистических структур экстремальных зависимостей.

7. Технологии анализа данных.

Практические занятия в ситуационном центре должны базироваться на анализе конкретных ситуаций.

1. Сравнительный анализ модельных распределений по данным о ЧС.

2. Использование квантиль диаграмм для установления статистического критерия экстремальной ЧС.

3. Исследование динамических изменений модельных распределений длительности и площади пожаров.

4. Статистический анализ количества лесных пожаров.

5. Статистический анализ повторяемости лесных пожаров.

Самостоятельная работа (в том числе под руководством преподавателя).

1. Технологии анализа данных.

2. Консолидация данных.

3. Трансформация данных.

4. Визуализация данных.

5. Очистка и предобработка данных.

6. Data Mining.

7. Временные ряды.

8. Ансамбли моделей.

9. Сравнение моделей.

Курсовая работа «Обработка данных наблюдений ЧС».

Теоретические основы курса широко известны [6, 7] и по своей сути представляют избранные главы высшей математики.

Лекции по первым четырём темам предполагается представить как лекции демонстрации.

Во введении предполагается рассмотреть общие математические средства из теории вероятностей, необходимые для дальнейших исследований и использования в графических методах построения квантиль диаграмм.

Вторая тема посвящена систематизации и анализу главных

достижений и результатов классической теории вероятностей экстремальных событий для дальнейшего приложения к анализу риска крупных чрезвычайных ситуаций.

В третьей теме рассматриваются:

1. Методы обработки статистических данных о чрезвычайных ситуациях с использованием графических способов построения квантиль-диаграмм;

2. Процедура построения графиков квантилей в общем случае и построение линий регрессии;

3. Примеры построения графиков квантилей.

Основное внимание предполагается уделить предложенному в [7] статистическому методу построения количественного статистического критерия экстремальной ЧС на основе использования квантиль диаграмм из специального класса распределений.

Четвёртая тема посвящена двум методам использования квантиль-диаграмм для исследования динамических изменений в распределении случайных величин. На основе первого метода делаются выводы об изменении распределений, которые могут быть очень важны для понимания качественной тенденции изменения риска экстремальной ЧС. При достаточно длинном динамическом ряде данных второй метод позволяет выявлять тенденции изменения параметров распределений ЧС, которые могут использоваться при составлении и/или уточнении кратко и среднесрочных прогнозов по ЧС природного и техногенного характера.

Материал следующих трёх тем предполагается представить в виде лекций-дискуссий.

При рассмотрении первых двух тем исследуются вопросы применения классической теории экстремальных значений к анализу многолетних данных по чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера.

В пятой теме будут проведены:

4. Отбор основных метеорологических параметров для статистической оценки показателей лесных пожаров и установления их зависимости (или независимости) от метеорологических условий;

5. Корреляционный анализ характеристик лесных пожаров в зависимости от метеорологических параметров.

Основное внимание предполагается уделить алгоритмам обработки рядов данных по показателям пожаров и метеоусловий, и статистическому анализу получаемых параметров функций распределения. Далее выводятся формулы функции риска для числа верховых пожаров, суммарных площадей пожаров трех типов и максимальных площадей верховых пожаров, повторяемость числа лесных пожаров в пределах выбранных диапазонов.

При изложении шестой темы предполагается продолжить анализ современных достижений и подходов теории вероятностей экстремальных

событий и возможностей их приложения к анализу риска крупных чрезвычайных ситуаций, а также провести обзор методов обработки статистических данных о чрезвычайных ситуациях для прогнозирования риска природных и техногенных чрезвычайных ситуаций.

В седьмой теме излагаются базовые сведения об интеллектуальном анализе, принципах анализа, подготовке информации, структурированных данных и технологиях Knowledge Discovery in Databases и Data Mining.

Лекции по седьмой теме являются вводными для тем самостоятельных работ.

С прикладной точки зрения наиболее важны последние темы практических занятий, которые обеспечивают принятие решений в ситуационном центре на основе анализа различных сценариев развития событий.

В раздел самостоятельной работы предлагается вынести современные интеллектуальные методы анализа данных как одни из наиболее перспективных с точки зрения научной работы магистров. Вынесение этих тем в раздел самостоятельной работы обусловлено не только известным ограничением по «часам», но и наличием хорошо разработанного фирмой Basegroup [8] учебного материала.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме «Технологии анализа данных»:

1. Принципы анализа данных;
2. Структурированные данные;
3. Подготовка данных к анализу;
4. Технологии KDD и Data Mining.

Во второй теме «Консолидация данных» следует научиться решению задач сбора информации, пригодной для анализа в едином источнике, при помощи технологии многомерных и реляционных хранилищ данных.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Задача консолидации;
2. Введение в хранилища данных;
3. Основные концепции хранилищ данных;
4. Многомерные хранилища данных;
5. Реляционные хранилища данных;
6. Гибридные хранилища данных;
7. Виртуальные хранилища данных;
8. ETL.

Вопросы группировки, фильтрации, кодировки и преобразования данных к заданному виду отнесены к третьей теме «Трансформация данных».

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Трансформация упорядоченных данных;

2. Группировка данных;
3. Слияние данных;
4. Квантование;
5. Нормализация и кодирование данных.

Аналитическая OLAP-отчетность, а также другие способы визуализации отнесены к четвёртой «Визуализация данных».

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Визуализаторы общего назначения;
2. OLAP-анализ;
3. Визуализаторы для оценки качества моделей;
4. Визуализаторы, применяемые для интерпретации результатов анализа.

Анализу качества данных, методам и алгоритмам выявления пропусков, дубликатов, противоречий и аномалий, а также способам реагирования на выявляемые проблемы посвящается тема «Очистка и предобработка данных».

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Оценка качества данных;
2. Технологии и методы оценки качества данных;
3. Очистка и предобработка;
4. Сэмплинг.

Тема «Data Mining» самая большая из всех планируемых тем. При её изучении надо получить представление об алгоритмах решения основных классов задач Data Mining: ассоциация, кластеризация, классификация и регрессия.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Ассоциативные правила;
2. Алгоритм кластеризации k-means;
3. Сети и карты Кохонена;
4. Проблемы алгоритмов кластеризации;
5. Простая линейная регрессия;
6. Простая регрессионная модель;
7. Множественная линейная регрессия;
8. Модель множественной линейной регрессии;
9. Регрессия с категориальными входными переменными;
10. Методы отбора переменных в регрессионные модели;
11. Ограничения применимости регрессионных моделей;
12. Основы логистической регрессии;
13. Интерпретация модели логистической регрессии;
14. Множественная логистическая регрессия;
15. Алгоритмы построения деревьев решений;

16. Упрощение деревьев решений;
17. Принципы построения нейронных сетей;
18. Алгоритмы обучения нейронных сетей.

Тема «Временные ряды» более или менее подробно рассматривается в процессе бакалаврской подготовки в курсе высшей математики. В данном курсе этой теме отведена роль одного из методов прогнозирования ЧС.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Прогнозирование ЧС;
2. Временной ряд и его компоненты;
3. Модели прогнозирования.

При изучении темы «Ансамбли моделей» следует ознакомиться с современными подходами к комбинированию и объединению моделей: бустинг, бэггинг и стэкинг.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Ансамбли моделей;
2. Бэггинг;
3. Бустинг;
4. Стэкинг;
5. Альтернативные методы построения ансамблей.

Тема «Сравнение моделей» посвящена проблеме выбора лучшей модели на основе объективных критериев.

Примерное содержание вопросов для самостоятельной проработки по теме:

1. Оценка эффективности и сравнение моделей;
2. Оценка ошибки модели;
3. Издержки ошибочной классификации;
4. Lift- и Profit-кривые;
5. ROC-анализ.

По итогам обучения в рамках данного курса магистр должен будет защитить курсовую работу. В принципе, возможна такая постановка вопроса, когда по результатам анализа данных о ЧС может строиться прогноз развития ситуации с привязкой к геоинформационным системам с выработкой обоснованных управленческих решений.

Описанная редакция программы не является окончательной как в силу новизны методики построения курса в ситуационном центре, так и в силу динамики развития изучаемых в курсе вопросов, связанных с новыми информационными технологиями и соответствующими программными продуктами.

Предложенная выше программа спецкурса «Прикладные методы анализа рисков природных и техногенных ЧС» является комплексной дисциплиной, включающей в себя отдельные разделы статистики экстремальных значений, интеллектуальных методов анализа данных,

нацеленной на дальнейшую научную работу магистров в области защиты от ЧС.

Литература

1. Федеральный закон «О стратегическом планировании» № 172-ФЗ от 28 июня 2014.
2. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года (утв. Указом Президента РФ от 12 мая 2009 г. N 537)
3. Манушин Э.А., Мишин А.И. Учебный ситуационный центр как среда обучения групповому принятию решений: методические рекомендации для системы повышения квалификации и переподготовки управленческих кадров. (Серия «Учебно-исследовательский ситуационный центр».) -М.: Изд-во РАГС, 2007. 46 с.
4. Филиппович Андрей. Обучающие ситуационные Центры [электронный ресурс] http://it-claim.ru/Library/Articles/publications_Philippovich_Andrew/sit_centres_education/sit_centres_education.htm#p1 (дата обращения: 06.10.2014).
5. Пьянков О. Ситцентр как инновационный инструмент обучения в вузе // Connect! Мир информационных технологий. 2014. № 9, С. 49-53.
6. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. // -М.: Издательство «Мир», 1965 г., 451с.
7. Акимов В.А., Быков А.А., Щетинин Е.Ю. Введение в статистику экстремальных значений и её приложения. // -М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009 г., 524с.
8. www.basegroup.ru.

Секованов В.С.

Костромской государственной университет им. Н.А. Некрасова

Обучение фрактальной геометрии как средство формирования креативности и компетентности школьников и студентов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Фракталы, преподавание, математические методы, средняя школа, компьютерный эксперимент.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются новые методические идеи, связанные с творчески направленным преподаванием элементов современной математики в средней школе и университете. Здесь затрагиваются математические методы и компьютерные эксперименты, используемые при обучении элементам фрактальной геометрии. Не следует думать, что данная тематика слишком сложна для учеников средней школы. На наш взгляд, некоторые понятия (например, самоподобие) доступны ученикам старших классов, проявляющим интерес к математике и информатике.

К сожалению, изучение фракталов пока не предусмотрено ни в школе, ни в вузе. Мы уверены, что преподавание элементов фрактальной геометрии хотя бы в рамках кружков и факультативов, практикуемых в средней школе и университете, будет способствовать: углублению знаний по математике, и информатике, развитию мышления, развитию эстетических качеств обучаемых. На наш взгляд, изучение фрактальной геометрии в вузе и школе будет способствовать развитию креативности и формированию компетенций школьников, бакалавров, студентов, магистров и аспирантов.

Важно отметить — информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) и математические методы при обучении фрактальной геометрии играют равноправную роль, что опровергает мнение некоторых математиков о малоэффективности использования компьютера в преподавании математики и способствует интеграции математики и информатики.

Современная математика сделала огромный шаг в своем развитии. Однако ее идеи практически не проникают в школьный курс математики. Как известно школьная математика оставляет учащихся почти в XVIII веке по алгебре и началам анализа и почти в древней Греции по геометрии.

Отметим, что на Западе изучению фрактальной геометрии уделяется большое внимание.

Фрактальная геометрия — молодое быстроразвивающееся математическое направление, связанное не только с выдвиганием новых математических идей, но и бурным развитием программирования, компьютерной графики, художественного компьютерного творчества. Идеи фрактальной геометрии в настоящее время применяются в физике,

металловедении, медицине, психологии, экономике, лингвистике и других областях. Проводятся интенсивные исследования, посвященные фракталам как у нас в России, так и за рубежом (см., например, [1], [2], [5], [8], [9]).

По нашему мнению, преподавание фрактальной геометрии дает широкие возможности для формирования новой парадигмы мировоззрения, развития креативности и компетентности обучаемых. Выскажем несколько тезисов, нацеленных на целесообразность изучения фрактальной геометрии.

1. Имеются межпредметные связи с геометрией, алгеброй, математическим анализом, информатикой, теорией вероятностей.

2. Математик и физик должны владеть математико-компьютерными технологиями. При изучении фрактальной геометрии взаимодействие компьютерных технологий и математических методов носит равноправный, исследовательский характер.

3. Основываясь уже на решении математических проблем с помощью ИКТ (проблема 4-х красок, проблема Кэли, исследование фракталов и др.) можно предположить, что разделы современной математики, существенно опирающиеся на компьютерные технологии, в будущем получат дополнительный импульс, поскольку компьютерные средства развиваются очень интенсивно.

4. Фракталы являются одними из самых красивых математических объектов, и обучение фрактальной геометрии значительно повысит мотивацию обучаемых как к математике, программированию, так и компьютерной графике.

5. Информация в области исследований фрактальной геометрии ограничена, что требует от обучаемых активизации в поисках нового материала с помощью глобальных компьютерных сетей.

Понятие «Фрактал» базируется на понятии «Размерность». Мы излагаем определение этого понятия с помощью последовательных приближений, начиная с самоподобных множеств (первый шаг), что позволяет обучаемым познакомиться с математической структурой фрактала.

После первого шага приводится ряд примеров самоподобных множеств и выявляются их метрические свойства. Затем понятие фрактала расширяется, поскольку класс самоподобных множеств. При расширении этого понятия мы используем сначала размерность Минковского (второй шаг), затем размерность Хаусдорфа (третий шаг).

В заключение указываются перспективы исследования понятия фрактал. Первые два шага, по нашему мнению, может сделать школьник. Третий шаг наиболее сложен и доступен бакалаврам, магистрам и аспирантам.

Укажем три алгоритма, позволяющие строить фрактальные множества с помощью ИКТ.

1) Заполняющее множество Жюлиа для функции $f(z)=z^p+c$. На Рис 1.

Указаны три заполняющих множества Жюлиа для комплексных полиномов различных степеней (см. [3 — 6]). Приведем процедуру построения множеств Жюлиа.

```

Procedure Jul(x,y:real);
var i:integer;
    r,arg:real;
begin
for i:=1 to 128 do                                {Итерационный процесс}
if metka=0 then                                    {получения орбиты точки}
begin
if SQRT(x*x+y*y)=0 then r:=0 else r:=exp(p*ln(SQRT(x*x+y*y))); {Считаем модуль}
if x=0 then arg:=1.57 else arg:=arctan(y/x);                {и аргумент}
x:=r*cos(p*arg)+c1;                                         {пересчитываем координаты}
y:=r*sin(p*arg)+c2;                                         {точки в соответствии с формулой}
if SQRT(x*x+y*y)>5 then metka:=1;                            {Если модуль точки некоторое значение}
                                                            {можно считать, что её орбита стремится в}
end;                                                    {бесконечность. Тогда меняем метку на 1}
end;
end;

```

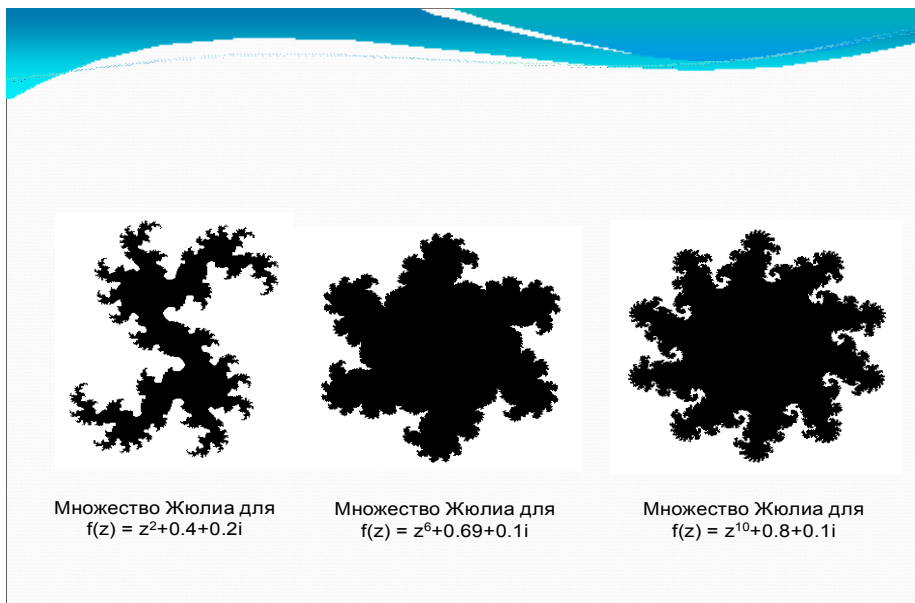


Рис. 1

2) Построение фракталов с помощью L-систем. Укажем фрагмент алгоритма построения фрактального множества с помощью одного порождающего правила и стека. Опишем аксиому, порождающее правило, начальный угол и угол поворота в Таблице 1.

Вход	
Аксиома (axiom):	'[F]'
Порождающее правило (newF):	'FF[+F][-F]F'
Начальный угол (α):	$\pi/2$
Угол поворота (θ):	$\pi/3$

Таблица 1.

Рассмотрим первую итерацию данного фрактала, управляющим словом для него будет: '[FF[+F][-F]F]'.

Будем считать каждый символ и наблюдать пошаговое построение.

Символ	[F	F	[+	F]	[-	F]	F]
Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

В качестве результата получаем графическое представление нескольких итераций фрактала Рис.2. (см. [7]).

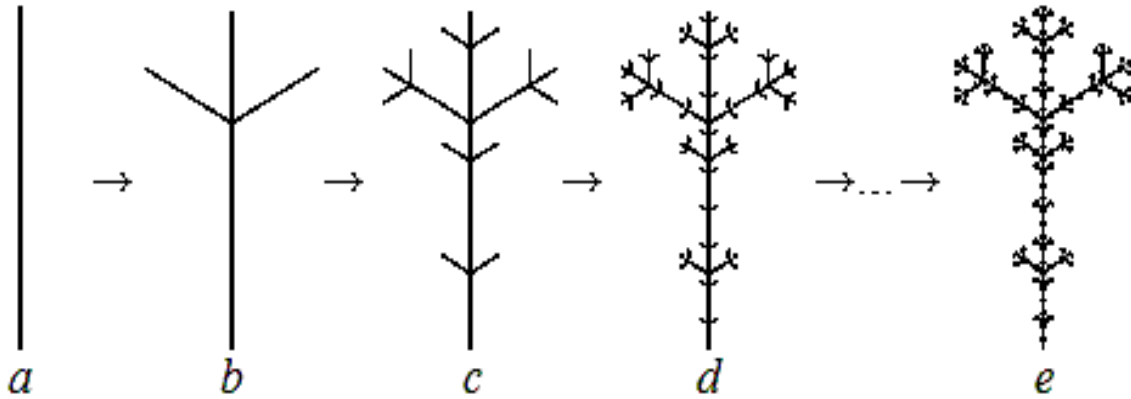


Рис. 2

В рассмотренном случае фрактал строился путем бесконечного добавления к его начальной части все более и более мелких деталей с последующим добавлением к нему всех его предельных точек.

3) Построение фракталов с помощью аффинных преобразований. Здесь предлагается построение фракталов с помощью ИКТ и аффинных преобразований:

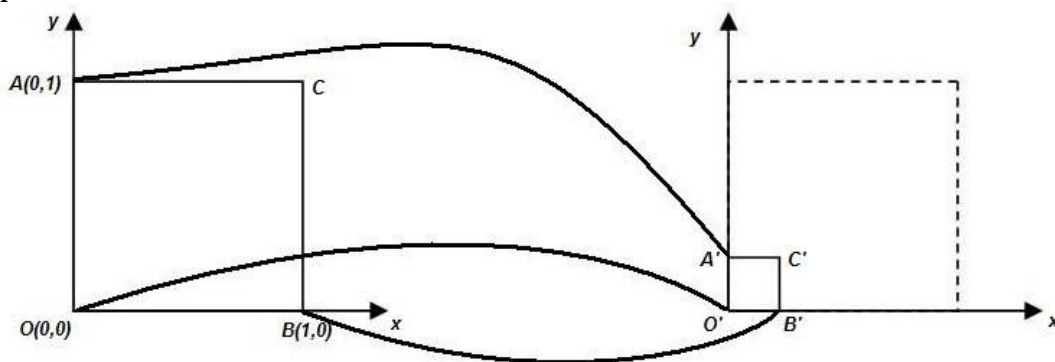


Рис. 3

Квадрат $OACB$ при аффинном преобразовании переходит в квадрат $O'A'C'B'$, причем

$$O(0,0) \rightarrow O'(b^1, b^2)$$

$$A(0,1) \rightarrow A'(a_1^2, a_2^2)$$

$$B(1,0) \rightarrow B'(a_1^1, a_2^1)$$

Тогда аффинное преобразование T можно представить в матричной форме (Рис. 3):

$$T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1^1 - b^1 & a_2^1 - b^1 \\ a_1^2 - b^2 & a_2^2 - b^2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b^1 \\ b^2 \end{pmatrix}.$$

Приведем пример построения фракталов с помощью аффинных преобразований (Рис 4, см. [5, 10]).

$$T_1 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/3 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$T_2 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2/3 \\ 1/3 \end{bmatrix},$$

$$T_3 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/3 \\ 2/3 \end{bmatrix},$$

$$T_4 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1/3 \end{bmatrix},$$

$$T_5 \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 & 0 \\ 0 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/3 \\ 1/3 \end{bmatrix}.$$

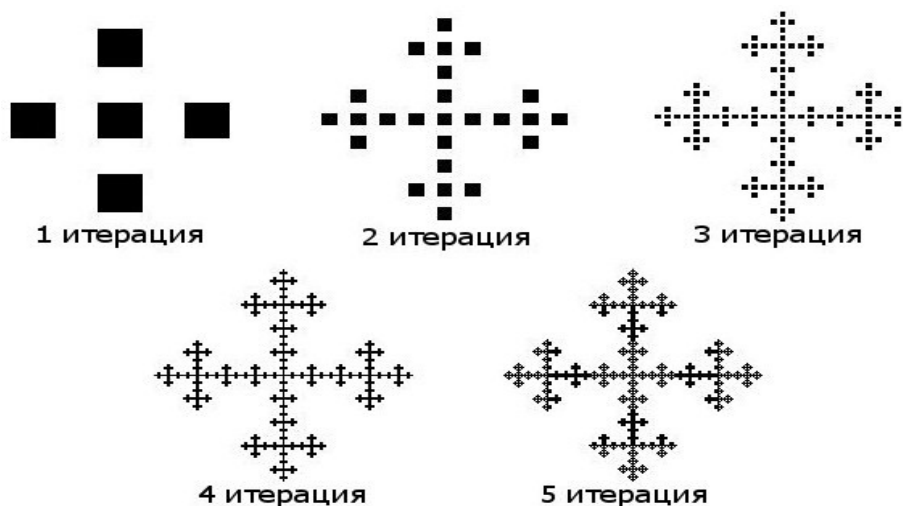


Рис.4

В заключение отметим, что изучение элементов фрактальной геометрии в данном объеме наиболее оптимально и способствует развитию креативности и компетентности обучаемых.

Литература

1. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. Н. Новгород, Изд-во Нижегородского университета, 1999.
2. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы, перевод с англ. А.Р. Логунова, М.: Институт Компьютерных Исследований, 2002.
3. Секованов В. С. О множествах Мандельброта и Жюлиа для многочленов комплексной переменной.
4. Секованов В. С., Салов А. Л., Самохов Е. А. Использование кластера при исследовании фрактальных множеств на комплексной плоскости. Актуальные проблемы преподавания информационных и естественнонаучных дисциплин: материалы V Всероссийской научно-метод. конференции. Г. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2011.
5. Секованов В.С. Элементы фрактальных множеств. — М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013.
6. Секованов В.С., Фомин Д.Е., Хапкина Ю.А. О нелинейных дискретных динамических системах. Актуальные проблемы преподавания информационных и естественнонаучных дисциплин: материалы VIII Всероссийской научно-метод. конференции. Г. Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2014/

7. Козырев С. Б., Секованов В. С., Скрябин В. С. Использование информационных технологий и математических методов при построении и исследовании фракталов. Современные информационные технологии и ИТ-образование: III Межд. Научн.-практ. конф., М: МАКС Пресс, 2008.
8. *Кроновер Р. М.* Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. М., Постмаркет, 2000.
9. *Пайтген Х.-О.*, Рихтер П.Х. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. Пер. с англ., под ред. А.И.Шарковского. М., Мир, 1993.
10. Хапкина Ю. А. Фракталы и их построение с помощью аффинных преобразований на вещественной плоскости. Обучение фрактальной геометрии и информатике в вузе и школе в свете идей академика А. Н. Колмогорова: материалы международной научно-методической конференции. Кострома: КГУ им. Н. А. Некрасова, 2011г.

Семенова Е.Е.¹, Светова Н.Ю.²

¹ Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной математики и кибернетики, semenova@psu.karelia.ru

² Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, к.ф.-м.н., доцент кафедры математического анализа, nsvetova@petrsu.ru

Информационно-аналитическая система разработки учебных планов⁴

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Основная образовательная программа, образовательные стандарты, базовый учебный план, информационно-аналитическая Excel-система, показатели соответствия учебного плана требованиям образовательного стандарта.

АННОТАЦИЯ

В статье дается описание информационно-аналитической системы «ООП-Учебный план», реализованной с помощью приложения Microsoft Excel. Система предназначена для разработки учебных планов, отвечающих требованиям ФГОС ВПО.

Введение

Основным документом, разрабатываемым вузом для реализации своих образовательных услуг, является «Основная образовательная программа (ООП) высшего профессионального образования определенного уровня по конкретному направлению подготовки». Образовательная программа является комплексным проектом образовательного процесса, определяющим каким должен быть выпускник вуза в перспективе и что, когда и как для этого нужно сделать [1]. Важнейшими особенностями новых Федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) являются использование зачетных единиц в качестве меры трудоемкости образовательных программ и их ориентация на компетентностную модель результатов обучения.

Можно выделить несколько этапов при проектировании вузовских ООП [2]:

1. *Формирование целей ООП, построение компетентностной модели выпускника в соответствии с требованиями ФГОС по соответствующему направлению и уровню подготовки, конкретным профилем основной образовательной программы и миссией вуза [3];*

⁴ Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета на 2012–2016 годы.

2. *Составление перечня учебных дисциплин (модулей) образовательной программы и видов практической деятельности, в которые будут включаться студенты в процессе обучения.* Содержание компетенций, которые планируется формировать в процессе обучения в вузе, определяет состав дисциплин и содержание их программ. Требуется дать ответ на вопрос: в рамках изучения каких дисциплин (модулей) и в реализации каких видов практической деятельности будут осваиваться компоненты каждой компетенции?
3. *Определение состава учебных тем по каждой дисциплине, изучение которых необходимо для формирования планируемых компетенций.* В ходе решения этой задачи, по каждому пункту содержания компонентов компетенции определяется, при изучении какой дисциплины и какой учебной темы будут приобретаться соответствующие знания, а также в каких формах занятий будут формироваться соответствующие умения и навыки;
4. *Определение удельного веса (доли) каждой дисциплины, модуля, практики, научно-исследовательской работы (НИР), итоговой государственной аттестации (ИГА) в образовательной программе в целом то есть *распределение зачетных единиц по всей ООП*;*
5. *Определение последовательности освоения дисциплин (модулей) и реальное наполнение (в часах аудиторной и самостоятельной работы студента, включающих все формы текущего контроля и промежуточной аттестации) каждого модуля, дисциплины, практики и т.д., то есть *составление базового учебного плана.**

Учебный план как составная часть ООП

Образовательная программа оформляется в виде комплекса документов, определяющих содержание образования по направлению подготовки. К таким документам, прежде всего, относятся базовый учебный план (УП) на весь период обучения по программе и рабочие учебные планы (РУП) на каждый год обучения в отдельности.

На математическом факультете Петрозаводского государственного университета ведется подготовка бакалавров по четырем направлениям:

- 010100 – Математика;
- 010400 – Прикладная математика и информатика;
- 230400 – Информационные системы и технологии;
- 080500 – Бизнес-информатика

При проектировании учебных планов необходимо учитывать большое количество требований, установленных ФГОС ВПО по соответствующему направлению подготовки [47].

По отношению к структуре ООП стандартом установлены жесткое ограничение на годовой объем ООП в 60 зачетных единиц (з. е.) и нормативный срок освоения ООП в 4 года, что в целом определяет общую трудоемкость освоения ООП в 240 з. е. Для каждого из циклов заданы

«плавающие» границы при определении объема циклов и введены ограничения на объем базовой и вариативной части. Однако для направления 080500 (Бизнес-информатика) эти ограничения являются безальтернативными. Структура ООП с указанием объемов циклов для всех перечисленных направлений подготовки приведена в табл. 1.

В табл. 2 приведен список показателей, значения которых строго регламентируются стандартами для различных направлений подготовки, и которые являются показателями оценки соответствия учебных планов требованиям ФГОС.

Табл. 1. Структура ООП

Код УЦ ООП	Учебные циклы	Трудоемкость (з. е.) по направлениям подготовки		
		010100	010400	230400
Б.1	Гуманитарный, социальный и экономический цикл	31-39	30-35	27-37
	Базовая часть	18-22	15-20	11-21
	Вариативная часть			
Б.2	Естественно-научный цикл	40-50	65-75	59-69
	Базовая часть	14-18	35-40	27-37
	Вариативная часть			
Б.3	Профессиональный цикл	140-150	110-120	115-125
	Базовая часть	90-100	50-60	57-62
	Вариативная часть			
Б.4	Физическая культура	2 (400 часов)		
Б.5	Учебная и производственная практика и/или научно-исследовательская работа	6-10	12-15	7-10
Б.6	Итоговая государственная аттестация	8	10-12	12
	Общая трудоемкость ООП	240	240	240

Понятно, что для каждого направления требуется разработка своего учебного плана. Но при организации учебного процесса (с целью оптимизация учебной нагрузки преподавателей и распределения аудиторного фонда) надо обеспечить потоковое чтение лекций по одинаковым дисциплинам, которые входят в программы подготовки различных направлений. И при этом возникает основная трудность согласования учебных планов – разные трудоемкости и/или семестры изучения дисциплины, различные наборы формируемых компетенций.

Чтобы иметь возможность анализировать различные варианты УП на

предмет их соответствия требованиям ФГОС, готовить необходимую документацию для организации учебного процесса (например, подготовка РУП), проводить анализ планируемой преподавательской нагрузки (например, определение «стоимости ставки»), на математическом факультете разработана информационно-аналитическая система «ООП-Учебный план», реализованная с помощью приложения Microsoft Excel.

Табл. 2. Показатели оценки соответствия УП требованиям ФГОС

Показатель	Направления подготовки (бакалавриат)		
	010100	010400	230400
Нормативный срок освоения ООП	4 года		
Длительность учебного года	40 недель		
Общая продолжительность каникул в учебном году	7-10 недель		
Трудоемкость освоения ООП (в зачетных единицах)	240 з.е.		
Трудоемкость освоения ООП за один учебный год (в зач. ед.)	60 з.е.		
Максимальный объем учебных занятий в неделю, включая все виды аудиторной и неаудиторной работы по освоению ООП	54 акад. часа		
Максимальный объем аудиторных занятий в неделю в среднем за весь период обучения (не включая занятия по физической культуре), акад. час	32	32	27
Общая трудоемкость дисциплины (за исключением дисциплин по выбору) не менее	2 з.е.		
Должна выставляться оценка (экзамен) по дисциплинам, трудоемкость которых составляет более	3 з.е.		
Занятия лекционного типа не могут составлять более (% аудиторных занятий)	50%	40%	50%
Удельный вес занятий, проводимых в активных и интерактивных формах, должен составлять не менее (% от аудиторных занятий)	20%	20%	10%
Объем дисциплин по выбору должен быть не менее 1/3 вариативной части суммарно по циклам Б1, Б2, Б3			
Раздел "Физическая культура"	2 з.е. (но не менее 400 часов, в т.ч. игровые — не менее 360 часов)		
Объем факультативных дисциплин не должен превышать	10	зачетных единиц за весь период обучения	

В течение учебного года не более экзаменов и зачетов (в указанное число не входят зачеты и экзамены по физической культуре и факультативным дисциплинам)	экзамен	10	10	10
	зачет	12	12	12
1 ЗЕТ составляет		36	акад. часов	
1 неделя составляет		1,5	ЗЕТ	

Основные задачи, решаемые в информационно-аналитической системе «ООП-Учебный план»

Информационно-аналитическая система «ООП-Учебный план» (далее Excel-система) обеспечивает решение следующих задач:

- ведение баз данных и справочников.
- построение графика учебного процесса.
- автоматическое формирование шаблонов матрицы компетенций и матрицы междисциплинарных связей с последующим их заполнением в ручном режиме.
- автоматическое распределение зачетных единиц для всех дисциплин циклов Б1, Б2 и Б3, допускающее экспертное оценивание и ввод установленных экспертами величин трудоемкости в ручном режиме.
- автоматическое построение Базового Учебного плана.
- анализ на соответствие УП требованиям ФГОС.
- автоматическое формирование на основе базового учебного плана рабочих учебных планов для каждого года обучения.
- автоматическое формирование задания на разработку рабочей программы дисциплины на основе базового УП и матрицы компетенций.

Для решения перечисленных задач подготовлены две электронные таблицы MS Excel. Первая (ООП_УП.xls) содержит формы для ввода необходимых для построения УП данных и формы для представления результатов расчета и анализа, вторая (УП_макросы.xls) содержит макросы, обеспечивающие автоматизацию действий по формированию шаблонов и выходных форм. Для каждого направления подготовки на основе первой книги создается и редактируется соответствующая книга УП_направление.xls.

Структура электронной книги УП_направление.xls

Книга для построения учебного плана, рабочих учебных планов и их анализа на соответствие требованиям ФГОС ВПО состоит из 21 листа. Назначение каждого листа приведено в таблице 3.

Методика распределения зачетных единиц

Приступая к разработке нового УП в зачетных единицах, предварительно был выполнен пересчет действующих учебных планов по всем направлениям подготовки на математическом факультете в зачетные единицы по методике, когда одной зачетной единице (1 ЗЕ) соответствуют

36 acad. часа, и экзамен, проводимый в традиционной форме, оценивается 1 ЗЕ [8]. Полученные результаты стали ориентирами на этапах разработки ООП, предусматривающих определение состава учебных дисциплин, распределения их по семестрам, распределения по дисциплинам рекомендуемых ФГОС в зачетных единицах значений нормативной трудоемкости в целом и отдельных циклов дисциплин.

Табл. 3. Назначение листов электронной книги

№	Название листа	Назначение
1	Описание	Содержит описание листов и используемых в книге макросов.
2	Характеристика	Содержит сравнительную характеристику программ по всем направлениям подготовки бакалавров на математическом факультете ПетрГУ. <u>Источник данных:</u> ФГОС [47].
3	Структура	Содержит данные о структуре ООП по всем направлениям подготовки: учебные циклы и соответствующие им трудоемкости в зачетных единицах (з.е.). <u>Источник данных:</u> ФГОС [47].
4	График_УП	Содержит информацию о распределении различных видов учебной деятельности по неделям всего нормативного срока освоения ООП (рис. 1).
5	ООП	Спроектированный учебный план (рис. 2) для выбранного направления подготовки. Формируется автоматически с помощью макроса «ООП». Форма документа утверждена вузом.
6	Компетенции	Содержит список компетенций, которые планируется формировать в процессе обучения по выбранному направлению. <u>Источник данных:</u> ФГОС [47] и раздел 3 ООП.
7	Дисциплины	Содержит список дисциплин, в рамках изучения которых, будут осваиваться компоненты каждой компетенции. В список включаются и все виды практической деятельности (учебная практика, научно-исследовательская работа и др.), которые также способствуют формированию компетенций. <u>Источник данных:</u> ФГОС [47]; примерные ООП (ПООП), материалы учебно-методической комиссии, решения ученого совета факультета. На этом же листе автоматически формируется шаблон матрицы компетенций.
8	Рабочий_план	Содержит информацию по каждой дисциплине, входящей в список (лист «Дисциплины»).

9	Экзамены	Содержит информацию об экзаменах. Список экзаменов формируется автоматически с помощью макроса. Можно указать количество дней, отводимое на подготовку и сдачу экзамена.
10	Б4_Б6	Содержит информацию о часах, отводимых на занятия по "Физической культуре", и о трудоемкостях различных видов практик, научно-исследовательской работы и итоговой аттестации.
11	Факультативы	Содержит информацию о факультативах.
12	Анализ_1	Анализ на соответствие УП требованиям ФГОС. Анализируемые показатели: <i>недельная аудиторная нагрузка, недельная общая нагрузка, количество экзаменов, количество зачетов, количество ЗЕ на каждый год обучения, трудоемкость факультативных дисциплин (в ЗЕ)</i> . Допустимые значения анализируемых показателей ~ справочные данные (лист «Характеристика», лист «Структура»).
13	Анализ_2	Содержит анализ на соответствие УП требованиям ФГОС. Анализируемые показатели: <i>объем лекционных занятий, объем занятий дисциплин по выбору, объем занятий в активной и интерактивной формах, трудоемкость различных разделов ООП</i> . Допустимые значения анализируемых показателей ~ справочные данные (лист «Характеристика», лист «Структура»).
14	Анализ_3	Анализ на соответствие требованиям ФГОС. Анализируемый показатель: <i>список компетенций, формируемых при изучении дисциплин</i> .
15-18	РП_Курс, N=1, 2, 3, 4	Сформированные рабочие учебные планы по курсам (рис. 3). Формируются автоматически с помощью макроса.
19	Кафедры	Содержит список кафедр, обеспечивающих реализацию ООП, и распределение аудиторных часов программы в зависимости от курса, на котором читается дисциплина кафедры и профиля подготовки.
20	Междисц_связи	На листе с помощью макроса формируется шаблон матрицы междисциплинарных связей на основе списка дисциплин и осуществляется ее заполнение в ручном режиме. В клетки строк вводятся значения, равные 1, если дисциплина, которой соответствует столбец, является базовой.
21	Задание	Содержит шаблон задания на разработку рабочей программы дисциплины. Задание формируется для выбранной дисциплины автоматически с помощью макроса «Задание».

учебного плана требованиям ФГОС (листы «Анализ_1», «Анализ_2», «Анализ_3»):

- 1) общая трудоемкость основной образовательной программы (в з. е.);
- 2) трудоемкость основной образовательной программы за учебный год (в з. е.);
- 3) соответствие формируемых компетенций в учебном плане и федеральном государственном образовательном стандарте;
- 4) соблюдение трудоемкости учебных циклов и разделов (в з. е.);
- 5) объем факультативных дисциплин за весь период обучения (в з. е.);
- 6) соответствие объема подготовки по дисциплине “Физическая культура”;
- 7) удельный вес занятий, проводимых в активных и интерактивных формах, % (от объема дисциплин всех циклов);
- 8) удельный вес занятий лекционного типа, % (от объема дисциплин всех циклов);
- 9) удельный вес дисциплин по выбору обучающихся в составе вариативной части обучения, %;
- 10) максимальная аудиторная нагрузка, час;
- 11) максимальный объем учебной нагрузки обучающихся в неделю (включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы по освоению основной образовательной программы и факультативных дисциплин, устанавливаемых вузом дополнительно к основной образовательной программе и являющихся необязательными для изучения студентами), час;
- 12) максимальное количество экзаменов в учебном году;
- 13) максимальное количество зачетов в учебном году.

Расчет недельной аудиторной нагрузки в каждом семестре реализован в системе двумя способами. Согласно первому, она определяется как сумма аудиторных часов занятий по всем дисциплинам, включенным в недельное расписание занятий. А второй способ соответствует методике расчета⁵, предложенной федеральным государственным бюджетным учреждением «Информационно-методический центр анализа» (ФГБУ «ИМЦА» – <http://imtsa.su/>). Если в семестре предусмотрена распределенная практика, то второй способ расчета даст значение, отличное от полученного первым способом, так как в этом случае недельная аудиторная нагрузка определяется как результат деления общего объема аудиторных часов в семестре на разность количества недель теоретического обучения (ТО) в семестре и количества недель, соответствующих объему часов, выделенных на распределенную практику. При этом, очевидно, недельная аудиторная нагрузка будет выше

5 Реализована в программе GosInsp (разработка ФГБУ «ИМЦА»), с помощью которой осуществляется набор учебных планов ООП для передачи в РОСОБРНАДЗОР при прохождении вузом государственной аккредитации.

по сравнению с рассчитанной первым способом. Если взять за основу второй способ расчета, то для того, чтобы удовлетворить требованию стандарта по показателю «максимальная аудиторная нагрузка», необходимо уменьшать объем часов, отводимых на аудиторные занятия, увеличивая часы самостоятельной работы.

Анализ соответствия формируемых компетенций в учебном плане и федеральном государственном образовательном стандарте выполняется в системе автоматически с помощью макроса, реализующего сопоставление заполненной в ручном режиме матрицы компетенций, формируемых при изучении дисциплин УП, и списка компетенций, указанных в образовательном стандарте.

Кроме анализа перечисленных показателей в системе предусмотрен анализ трудоемкости экзаменационной сессии, длительность которой определяется по графику учебного процесса (рис. 1). На листе «Экзамен» автоматически формируется список экзаменов и определяется ресурс времени экзаменационной сессии в каждом семестре (из расчета 9 часов на каждый день сессии). При этом можно указать количество дней, отводимое на подготовку и сдачу экзамена. Если не введено количество дней, то расчет плановой трудоемкости сессии в часах выполняется исходя из следующих условий: 3 дня отводятся на подготовку к экзамену и 1 день – на сдачу экзамена. Если ресурс времени будет превышен, то следует указать меньшее количество дней, отводимых на экзамен.

Автоматический пересчет значений анализируемых показателей позволяет пользователям системы контролировать процесс построения нового УП или изменения существующего, добиваясь выполнения требований образовательного стандарта.

Заключение

Разработанная информационно-аналитическая система предназначена для построения и анализа учебных планов подготовки бакалавров на математическом факультете ПетрГУ. Система обеспечивает автоматический контроль соответствия учебного плана требованиям федеральных образовательных стандартов, а также предоставляет дополнительные возможности по формированию документов, необходимых для организации учебного процесса – рабочие учебные планы на год, задания кафедрам на подготовку рабочих программ дисциплин.

Excel-система имеет достаточно простой интерфейс, позволяет легко выполнить настройку для построения учебных планов различных направлений подготовки бакалавров. Результаты расчета, полученные с помощью системы, могут быть использованы для последующего анализа распределения нагрузки по кафедрам факультета и, с учетом планируемого контингента студентов по каждому направлению подготовки на факультете, провести расчет «цены ставки» [9].

Литература

1. Методические рекомендации по разработке и реализации на основе деятельностно-компетентностного подхода образовательных программ ВПО, ориентированных на ФГОС третьего поколения / Т.П. Афанасьева, Е.В. Караваева, А.Ш. Канукоева, В.С. Лазарев, Т.В. Немова. М.: Изд-во МГУ, 2007. 96 с.
2. Переход российских вузов на уровневую систему подготовки кадров в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами: нормативно-методические аспекты / В.А. Богословский, Е.В. Караваева, Е.Н. Ковтун и др. М.: Университетская книга, 2010. 248 с.
3. Светова Н.Ю., Семенова Е.Е. Компетентностная модель выпускника бакалавриата направления «Математика» Петрозаводского государственного университета // Университеты в образовательном пространстве региона: опыт, традиции и инновации: Сборник научных статей VI региональной научно-методической конференции (22-23 ноября 2012 г.). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. С. 131-138
4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 010100 Математика. Квалификация «бакалавр». Утв. приказом Министерства образования и науки РФ № 8 от 13 января 2010 г. URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm8-1.pdf
5. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 010400 Прикладная математика и информатика. Квалификация «бакалавр». Утв. приказом Министерства образования и науки РФ № 538 от 20 мая 2010 г. URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm538-1.pdf
6. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 230400 Информационные системы и технологии. Квалификация «бакалавр». Утв. приказом Министерства образования и науки РФ № 25 от 14 января 2010 г. URL: http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm25-1.pdf
7. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 080500 Бизнес-информатика. Квалификация «бакалавр». Утв. приказом Министерства образования и науки РФ № 27 от 14 января 2010 г. URL: <http://window.edu.ru/resource/147/74147/files/prm742-1.pdf>
8. Методические рекомендации по применению системы зачетных единиц (ECTS) при разработке и реализации программ высшего профессионального образования в условиях введения федеральных государственных образовательных стандартов / Б.А. Сазонов, Е.В. Караваева, Н.И. Максимов. М.: Изд-во МГУ, 2007. 104 с.
9. Семенова Е.Е., Светова Н. Ю. Excel-системы анализа учебных планов на соответствие требованиям ФГОС ВПО и расчета «цены ставки» // Информационная среда вуза XXI века: материалы VII Международной научно-практической конференции (23-27 сентября 2013 года). Петрозаводск, 2013. С. 173-177.

Шибанов В.А.

D-Link, г. Рязань, к.т.н., консультант по обучающим проектам, vshibanov@dlink.ru

Учебные курсы компании D-Link по подготовке программистов встроенных систем на основе Linux

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Программирование, встроенные системы, Linux, D-Link, IT-образование.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается опыт компании D-Link в разработке и реализации дополнительной образовательной программы для студентов в области разработки программного обеспечения для встроенных систем на основе операционной системы Linux.

Среди офисов D-Link в России и СНГ особое место занимает Рязанский офис, который был открыт в 2005 г. В Рязанском офисе располагается центр разработки, в котором выполняется разработка внутреннего программного обеспечения для маршрутизаторов, точек доступа и других устройств, а также кастомизация встроенного программного обеспечения под нужды конкретных корпоративных заказчиков на отечественном рынке. Большинство производимых и разрабатываемых компанией D-Link сетевых устройств представляют собой, по сути, специализированные компьютеры (встроенные системы), функционирующие под управлением операционной системы Linux. Работа программиста компании включает в себя разработку драйверов для Linux, выполнение доработок ядра Linux для конкретных аппаратных платформ, интеграцию существующих открытых прикладных программ в программное обеспечение телекоммуникационных устройств, а также разработку новых прикладных программ для Linux. Для разработки в отделе программирования компании используются различные открытые программы для Linux – в первую очередь – компилятор GCC. Таким образом, Linux выступает и инструментом и объектом разработки, что требует от работников достаточно глубоких знаний Linux и некоторых прикладных программ для указанной операционной системы.

На определенном этапе возникли сложности с набором новых сотрудников в отдел программирования из-за отсутствия на рынке труда свободных специалистов с требуемыми знаниями и навыками. Достаточно естественным решением в этой ситуации, совпадающим с опытом других компаний, было обратить свой взор на студентов и выпускников технических вузов IT-направленности. В то же время комплекс требуемых компанией D-Link знаний является достаточно специфическим для отечественного рынка: насколько известно автору, на территории

Российской Федерации систематическую подготовку разработчиков встроенных систем осуществляют только в Санкт-Петербургском национальном исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики (ИТМО) [1]. Поэтому компания пошла по проверенному пути организации собственных курсов и лаборатории для подготовки студентов. Было принято решение организовать дополнительные курсы для студентов Рязанского государственного радиотехнического университета (РГРТУ), являющегося ведущим техническим вузом региона, на базе его факультета вычислительной техники. Занятия на курсах проходят вечером один раз в неделю и длятся три часа. Занятия проходят в учебной лаборатории D-Link, открытой в бизнес-инкубаторе РГРТУ. Весь учебный материал разделен на четыре модуля. Рассмотрим содержание каждого из модулей подробнее.

Первый учебный модуль посвящен работе с операционной системой Linux на уровне пользователя. Основной упор делается на работу в режиме командной строки и демонстрации сильных сторон данного подхода. В качестве основного дистрибутива используется Debian GNU/Linux.

Надо заметить, что студенты чаще всего не имеют систематических знаний о Linux. На специальностях, связанных с IT, Linux обычно изучается в дисциплинах “Информатика” и “Операционные системы”. В курсе “Информатика” рассматриваются самые основы работы с операционной системой и офисным пакетом Open Office. В курсе “Операционные системы” Linux обычно изучается более подробно, но при этом, все равно, теряется несколько важных разделов, напрямую не связанных с теорией операционных систем. В результате студенты имеют обрывочные представления о Linux и не имеют системных знаний об использовании Linux в качестве инструмента в решении практических задач программиста. В то же время студенты инженерных специальностей, не имеющих прямого отношения к IT, например, “АСУ” или “Радиотехника”, могут совсем не обладать навыками работы с Linux. Таким образом, задачей этого модуля является получение студентами знаний, необходимых для практической работы с Linux, и приведение этих знаний к общему стандарту.

Теоретическая часть модуля включает две лекции – обзорную лекцию, посвященную основным возможностям Linux и основным особенностям данной операционной системы, и лекцию, посвященную командной оболочке bash и языку shell.

Практическая часть модуля включает ряд лабораторных работ по следующим темам:

- установка Linux на виртуальную машину Virtual Box,
- основные команды Linux для работы с файлами и каталогами,
- основные команды Linux для работы с процессами,
- перенаправление ввода-вывода команд и команды-фильтры,
- командные файлы и язык shell.

Второй учебный модуль посвящен изучению языка программирования C. Надо сказать, что студенты большинства специальностей в той или иной степени обладают знаниями и навыками в области программирования, но с языком C большая часть студентов не знакома. Как правило, студенты инженерных специальностей изучают программирование на основе языка Pascal. Студенты IT-специальностей также обычно изучают языки с автоматическим управлением памятью – Java и C#. Поэтому одной из основных задач модуля является изучение именно специфики программирования на языке C. В курсе обращается внимание на следующие специфические элементы языка C:

- общая структура программы;
- понятие заголовочных файлов;
- этапы компиляции программы на языке C;
- использование указателей;
- динамическое распределение памяти;
- указатели на функции и сложные объявления в языке C;
- макросы в языке C, условная компиляция.

Еще одной особенностью является то, что во время обучения в вузе студенты, как правило, выполняют лабораторные работы по программированию длительностью два, иногда четыре часа. Сложность задач, решаемых при этом, по понятным причинам является ограниченной. Сложность же задач, возникающих перед программистами при промышленной разработке намного выше, и большая часть студентов решать такие задачи пока не готова. Исключением являются отдельные студенты-энтузиасты, занимающиеся разработкой программ по собственной инициативе. Поэтому еще одной из задач данного модуля является повышение уровня сложности задач, которые могут решать студенты. По сути, лабораторные работы данного модуля представляют собой мини-проекты, которые выполняются студентами в течение недели. Особенностью заданий лабораторных работ является то, что они максимально приближены к задачам из практики промышленного программирования, а не носят абстрактный характер.

Третьей задачей модуля является освоение открытого инструментария программиста для Linux – компилятора GCC, системы сборки Make, отладчиков GDB и DDD.

Теоретическая часть модуля включает две лекции, посвященные основным элементам языка программирования C [2].

Практическая часть модуля включает ряд лабораторных работ по следующим темам:

- основы работы с инструментарием программиста: компилятором GCC, системой сборки Make, отладчиком GDB;
- синтаксис основных операторов и операций языка программирования C;

- структура программы в языке C, работа с файлами;
- указатели в языке C, динамическое распределение памяти, динамические структуры данных;
- статические и разделяемые библиотеки в Linux, указатели на функции.

Третий учебный модуль посвящен изучению устройства ядра Linux и API Linux.

Теоретическая часть модуля посвящена изучению ядра Linux. В частности, рассматриваются общая структура ядра Linux, понятие модуля ядра, устройство виртуальной файловой системы VFS, управление процессами в ядре Linux, ресурсы процесса, понятие планировщика процессов, планировщики процессов O(1) и CFS, работа с устройствами ввода-вывода, понятие файла устройства, планировщики ввода-вывода, управление памятью в ядре Linux, модель памяти процесса, структура сетевого стека ядра Linux, последовательность загрузки ядра Linux. [3]

Практическая часть модуля посвящена изучению интерфейса прикладных программ UNIX-подобных систем на примере API Linux. В частности, студенты выполняют лабораторные работы по следующим темам:

- изучение системных вызовов Linux для работы с файлами и каталогами и специализированной файловой системы /proc;
- изучение системных вызовов Linux для работы с процессами и для межпроцессного взаимодействия с помощью каналов;
- изучение системных вызовов Linux для работы с компьютерной сетью.

Четвертый учебный модуль посвящен изучению ряда тем, отражающих специфику разработки программного обеспечения встроенных систем на базе операционной системы Linux. Материалы данного модуля представлены в основном практическими работами. В модуле присутствует только одна общая обзорная лекция и ряд лабораторных работ по следующим темам:

- компиляция ядра Linux;
- создание встроенной Linux-системы на основе программы Busybox;
- изучение реальной встроенной системы на основе изучения конкретной модели сетевого устройства D-Link.

После успешного освоения всей учебной программы и выполнения всех учебных заданий студенты получают сертификат о прохождении курсов D-Link.

Заключение

За три выпуска сертификаты о прохождении курсов получили более 20 студентов. 15 студентов приняты на работу в отдел программирования компании.

В дальнейшем планируется разместить разработанные учебные и учебно-методические материалы на сайте дистанционного обучения D-Link [4] в виде нескольких учебных курсов по тематике программирования встроенных систем на базе Linux.

Литература

1. Сайт Интернет: <http://embedded.ifmo.ru/>.
2. Керниган Б., Ритчи Д. Язык программирования С. Второе издание, переработанное и дополненное. М: Вильямс – 2008, 304 с.
3. Лав Р. Ядро Linux: описание процесса разработки. 3-е издание. – М: Вильямс. 2012 – 496 с.
4. Сайт Интернет: <http://dlink.ru/ru/education/>.

Галимов И.А.¹, Дацун Н.Н.², Уразаева Л.Ю.³, Уразаева Н.Ю.⁴

¹ООО ТД «Башспирт», г.Уфа, программист, ilyasgalimov@yandex.ru

²ГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь, доцент, npopovan@gmail.com

³ГОУ ВПО ХМАО—Югры «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут, к.ф.-м.н., доцент, delovoi2004@mail.ru

⁴Уфимский филиал(институт)ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», г.Уфа, старший преподаватель, urazaeva_naila@mail.ru

Интеллектуальная деятельность в сфере разработки ИТ-продуктов для образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Интеллектуальная деятельность, ИТ, РИД (результаты интеллектуальной деятельности), программы, базы данных, Роспатент, ФИПС, обучающие программы.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена анализу современного состояния интеллектуальной деятельности по разработке ИТ продуктов в сфере образования на материалах Роспатента.

Интеллектуальная деятельность в сфере разработки ИТ-продуктов для образования должно по определению способствовать повышению связи науки и практики, предполагать внедрение полученных результатов интеллектуальной деятельности в производство.

На государственном уровне предполагается, что вузы, преподаватели, студенты, разрабатывая программные продукты и базы данных, найдут не только защиту своих прав на интеллектуальную собственность, но и смогут распространить новые продукты.

При исследовании будем опираться на математические методы исследований статистических данных с применением компьютерной обработки, как в работах [1-10]. Исходные данные для исследования — это официальные бюллетени Роспатента за 2014 год, опубликованные на официальном сайте Роспатента.

Публикация официальных бюллетеней за текущий год содержит ежемесячные бюллетени, с информацией о регистрации программ для ЭВМ, баз данных, топологий интегральных микросхем. При публикации информации по каждому продукту публикуется реферат, содержащий основные сведения об авторах, правообладателях, назначении результата интеллектуальной деятельности, основных характеристиках и инструментальных средствах, использованных для реализации продукта.

Для анализа текущего состояния были рассмотрены последние

опубликованные информационные бюллетени за 2014 год.

По сравнению с предыдущим обзором от 2012 года можно отметить, что информационные бюллетени сейчас содержат информацию по всем трем видам рассматриваемых РИД, но в настоящее время бюллетени публикуются ежемесячно, ранее публикации были раз в квартал.

Отметим, как общий недостаток, неудобство поиска информации для потенциального потребителя продукта или базы данных на основе бюллетеней Роспатента. Несмотря на огромные возможности Роспатента по распространению сведений о разработанных программных продуктах и базах данных, формат представления информации крайне неудобен для поиска информации.

Фактически бюллетени можно использовать только авторам, которые знают номер своего авторского свидетельства, чтобы еще раз убедиться в том, что информация о них опубликована. Сложно предположить, что ответственные за инновации сотрудники крупных корпораций будут просматривать многочисленные нумерованные страницы для поиска нужной информации.

В бюллетенях не реализован поиск по ключевым словам, тематический поиск программных продуктов и др. Конечно, по законодательству у нас можно зарегистрировать любой программный продукт и базу данных как литературное произведение, но, тем не менее, возможность поиска по различным параметрам помогла бы распространению полезной для применения информации, оживлению и укреплению связей между авторами интеллектуальных продуктов и потенциальными потребителями.

Выборочное исследование по данным текущего года на основе опубликованных данных о зарегистрированных программных продуктах показало, что как и ранее незначительное число выданных свидетельств на единственного автора-правообладателя-физического лица (менее 10%). Данный факт свидетельствует о том, что доля молодых авторов из числа студентов и учащихся очень незначительна.

Студенты и учащиеся теоретически составляют всего лишь долю от числа таких единственных авторов-правообладателей. В то время как студентам и учащимся предоставлена льгота при регистрации. Студент или учащийся имеет право бесплатной регистрации своего программного продукта (базы данных), если является в одном лице единственным автором и правообладателем.

Поддержка молодых авторов могла бы способствовать дальнейшему карьерному росту талантливых студентов и учащихся. Конечно, перевес среди правообладателей юридических лиц не отрицает наличия молодых авторов в многочисленных списках авторов по каждому продукту, но вызывает тревогу. Молодежь — это будущее и стабильность страны, в условиях старения населения в условиях старения населения необходимо активно привлекать молодых к общественно-полезному труду и

исследовательской практически значимой деятельности.

Вузы уступают фирмам и промышленным компаниям по ряду важнейших показателей.

Во-первых, вузы часто предлагают для регистрации программный продукт либо направленный для решения для некоторой частной задачи (фрагмент некоторой гипотетической информационной системы), либо предлагаются программные продукты, давно имеющие аналоги и не имеющие научной новизны или практической значимости.

Во-вторых, число авторов-разработчиков для вузовских программных продуктов не является показателем законченности программного продукта с точки зрения возможности его практического применения в дальнейшем, коммерческого использования.

В третьих, с точки зрения инструментальной реализации фирмы и промышленные компании используют более мощные и современные средства разработки. К примеру, вузовские разработки выполняются на VB 6.0(в 2014 году), с использованием Clipper, Delphi, MS Excel (просто автоматизированная таблица для расчетов). Фирмы используют более современные средства разработки.

Во — четвертых, зачастую разработанные авторами программные продукты, не ориентированы на кроссплатформенность, хотя по сравнению с 2012 годом этот показатель вырос на 5%.

В- пятых, программные продукты, разработанные в стенах вузов, в некоторых случаях не способствуют дальнейшему росту и развитию выпускников.

Практическая значимость программного продукта очень важна для вузов, так как регистрация программных продуктов, баз данных открывает возможности по коммерческому использованию результатов интеллектуальной собственности, по созданию малых инновационных предприятий. Открывая малые инновационные предприятия, вузы получают широкие возможности использования результатов интеллектуальной деятельности в коммерческих целях.

Анализируя содержимое рефератов зарегистрированных программных средств, в которых правообладателями являются вузы, авторами были выделены следующие важнейшие категории для систематизации и анализа имеющихся зарегистрированных программ.

В качестве категорий были предложены следующие категории:

- программные продукты категории «Образование – Науковедение»;
- программные продукты категории «Человек-Природа»;
- программные продукты категории «Техника-Технологии»;
- программные продукты категории «Экономика-Финансы».

Данные бюллетеней исследовались выборочно, это связано с большим объемом информации и неудобным ее представлением для поиска и анализа.

Остановимся на анализе отдельных конкретных программных продуктов, чтобы получить представления о составе этих категорий и качестве уровня разрабатываемых программ.

Важнейшей проблемой любого образовательного процесса служит проблема контроля и оценивания знаний для обеспечения качества обучения.

В образовательных средах открытого образования преподаватель выступает как канал системы массового обслуживания, к которому обращаются многочисленные студенты (заявки) при выполнении самостоятельных заданий. Очевидно, имеет место система массового обслуживания с ожиданием с ограниченной очередью.

Ограниченности очереди следует из физических возможностей преподавателя, работающего конечное число часов. Требование доступности консультации преподавателя в любой момент времени приведет к удорожанию процесса обучения.

Решить проблему массового контроля уровня освоения учебного материала представляется возможным только на основе автоматизированного тестирования.

Плюсы тестирования:

- охват одновременно большого количества учащихся; возможность детального контроля знаний по разделам дисциплины;
- возможность мониторинга за успеваемостью студентов;
- постоянная актуализация знаний студентов и учащихся;
- кумулятивная оценка уровня знаний;
- возможность удаленного контроля знаний;
- возможность поэтапного оценивания успехов студентов;
- возможность объективного построения рейтинга студентов;
- отсутствие субъективного фактора при оценке знаний.

Недостатки тестирования:

- проверка в основном репродуктивных знаний на воспроизведение или простейшее применение изученных методов;
- примитивность и ограниченность возможностей по оценке глубины и широты усвоения материала;
- отсутствие коллективной проектной работы при ответах на тесты;
- отсутствие диалога при проверке знаний;
- монотонность заданий;
- неудовлетворенная потребность в эмпатии со стороны преподавателя.

Для повышения эффективности процесса обучения для студентов и удешевления в целом образовательного процесса необходимо разработать и внедрить автоматизированную интеллектуальную систему электронного тьюторинга, которая своевременно направит учебную деятельность студента по наиболее оптимальному пути при решении учебных проблем,

чтобы получить в кратчайшее время независимо от времени суток и доступности преподавателя ответы на возникающие вопросы. Тем самым, постоянно продвигаясь в изучении материала, студент будет иметь высокую мотивацию к продолжению обучения. В то же время автоматизированная система должна удовлетворить потребности студента в эмпатии, общении в процессе решения учебных проблем.

Разработка такой системы требует максимального исследования процесса обучения по каждой теме с целью выявления всех возможных проблем, встречаемых студентом при самостоятельном изучении материала, а также анализа психологической реакции студента на отдельные трудности в освоении материала.. Автоматизированная система должна удовлетворять потребности студентов в индивидуальном консультировании по решению типовых задач, заменить максимальности реального преподавателя.

В основе такой системы должно находиться использование когнитивных схем понятий изучаемого раздела. Процесс обучения по каждому учебному разделу должен рассматриваться как движение по маршруту на основе организованных форм знания, полученных либо на основе прошлого опыта обучения либо в текущем опыте обучения.

Перемещение по образовательной траектории должно обеспечивать последовательность обучения как движение от простого к сложному, движение от известного к неизвестному, адаптацию к способности обучаемого к восприятию нового материала. В процессе обучения в то же время необходимо постоянно обеспечивать мотивацию студента или учащегося при каждом успешном шаге.

Во избежание монотонности при изучении необходимо допустить возможность нелинейности траектории обучения, спонтанного перескакивания на более высокий сложный уровень учебного материала в соответствии с выявленными особенностями и наклонностями обучаемого.

Мониторинг образовательного процесса и анализ эффективности обучения образовательного процесса в настоящее время требует привлечения современных подходов и технологий, в частности использования систем искусственного интеллекта. Интерес представляют ряд зарегистрированных работ. Остановимся подробнее на работах, представляющих большой практический интерес в области автоматизации образовательных процессов.

Формирование содержания учебного материала с использованием когнитивных технологий предлагается в программном продукте Лучко О. Н., Маренко В. А., Лупенцова О. С.

Разработчики создали программный продукт учебного назначения для выработки наиболее перспективных вариантов образовательных траекторий для обучаемого, с учетом отдельного и комплексного воздействия различных управляющих факторов, анализа системных эффектов при одновременном изменении управляющих факторов..

Интерес представляет база данных «Школьные задачи геометрии» автор и правообладатель Уразаева Л.Ю.. База данных реализована в MS Access.

С помощью СУБД можно управлять выбором школьных задач по геометрии и формировать индивидуальную траекторию обучения при изучении школьного курса геометрии. Задачи разбиты по темам и по уровням сложности. По каждой задаче приведены такая важная характеристика как среднее время выполнения. Учет времени выполнения задачи наряду с уровнем сложности задачи имеет важное значение для планирования учебного процесса. Объективное планирование аудиторных занятий и самостоятельной работы является залогом качества обучения.

Использование базы данных «Школьные задачи геометрии» даст возможность обеспечить сопровождение учебного процесса визуализацией показателями уровня сложности выбранных задач и средним ожидаемым временем выполнения заданий.

Создание базы данных потребовало предварительного проведения большого объема подготовительных работ по подготовке и отбору учебного материала, учету возможностей студента по интерпретации учебного материала и решению задач, личностных качеств студента.

На основе базы данных «Школьные задачи геометрии» в настоящее время начата разработка программы тестирования, на основе выделения для обучения и контроля усвоения материала.

Основой контроля является проверка уровня освоения базовых неделимых элементов, составляющих суть решения большинства отобранных задач по геометрии. Тестирование позволит контролировать уровень усвоения основных теоретических понятий и суждений и приемов решений.

При выборе наиболее оптимального хода решения на каждом этапе (шаге решения задачи) предполагается использования отбора верного ответа методом исключения. Программа будет представлять возможность выбора одного из вариантов действий, после анализа перспективности выбранной последовательности, можно будет вернуться в начальную точку для исправлений неверных действий.

Свобода действий будет ограничена невозможностью нарушения основных соотношений в геометрии (аксиом, а также вытекающих теорем.).

Обучающая роль программы будет состоят в предлагаемой последовательности для решения геометрических задач определенного типа, постоянная актуализация знаний по основным понятиям и теоремам, используемых при решении.

Решение в программе реализуется при выборе каждого варианта решения пошагово, с последовательным вводом информации на этапе решения, неверные действия блокируются, обучаемому поступает информация о неверности выбранного действия.

Такая последовательность решения, предлагаемая программных

продуктом, позволяет проигрывать разные варианты решений и выбирать наиболее оптимальный или наиболее понятный для исполнителя.

Программа призвана помочь изучающим школьную геометрию, в частности овладеть приемами решений типовых геометрических задач, разобраться в механизмах цепочки суждений для получения ответа на поставленный в задаче вопрос.

Сопровождающий решения поясняющий материал был собран на основе статистического анализа самостоятельных работ обучаемых при изучении нового материала и обобщения известного материала. Предусматривается возможность построения хода решения типовых задач разными способами, заложенными в автоматизированном адвайзере. Предлагаемая обучающимся последовательность должна быть засчитана автоматическим модератором, и только после этого может быть использована.

Преимуществом программы будет итоговый анализ эффективности выбранного варианта решения и выбор лучшего способа решения.

Программа предназначена для автоматизации процесса обучения школьной геометрии с целью развития логического мышления и математической культуры учащихся.

В итоге исследования, можно заключить, что программные продукты и базы данных, создаваемые в вузах как результаты интеллектуальной деятельности сосредоточены на решении актуальных вузовских проблем, автоматизации процесса обучения и повышению его качества, что в целом, можно характеризовать как очень положительное явление.

Литература

1. Дацун Н.Н., Уразаева Л.Ю. Изучение программирования как инструмент развития учебных навыков и самостоятельности студентов. Сборнике: Культура, наука, образование: проблемы и перспективы Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Ответственный редактор А.В. Коричко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Департамент образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, Нижневартовский государственный университет. 2014. С. 301-303.
2. Уразаева Л.Ю., Дацун Н.Н. Потребности рынка труда и особенности отношения студентов различных направлений подготовки к обучению. Проблемы экономики. 2013. № 3 (55). С. 43-46.
3. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Взаимосвязи статистических показателей в отрасли «информационные технологии». Проблемы экономики. 2013. № 2. С. 45-46.
4. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. О современных тенденциях развития информационных технологий на основе статистических данных бюллетеней Роспатента. Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 1 (14). С. 61.
5. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Оценка взаимовлияния уровней безработицы различных возрастных групп с учетом старения населения. Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 1 (14). С. 62.
6. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю., Уразаева Н.Ю. О подготовке будущих преподавателей математики к тьюторской деятельности. Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3 (16). С. 9.
7. Уразаева Л.Ю., Уразаева Н.Ю. О преподавании математики в свете реформы образования. Приволжский научный вестник. 2013. № 6 (22). С. 138-141.

8. Закирьянова Г.Т., Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Практические аспекты использования ИТ для формирования индивидуальной образовательной траектории. ИНФОРМАЦИОННАЯ СРЕДА ВУЗА XXI ВЕКА. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2012. С. 85-88.
9. Закирьянова Г. Т., Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое моделирование закономерностей инновационных процессов. Естественные и технические науки. 2012. № 6. С. 425-426.
10. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А.. Оценка возможных влияний реформ системы образования на экономику региона. Альманах современной науки и образования. 2011. № 2. С. 179-181.

Пономарева Ю.С.

Волгоградский государственный социально-педагогический университет, г. Волгоград,
к.п.н., доцент кафедры информатики и информатизации образования, jialu@mail.ru

Построение содержания дисциплины «Технологии интернет-обучения» при подготовке бакалавров по направлению «Педагогическое образование»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Педагогическое образование, бакалавриат, интернет-обучение, социальные сервисы, Интернет.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности построения содержания курса «Технологии интернет-обучения» при подготовке бакалавров по направлению «Педагогическое образование» (профили «Информатика», «Математика», «Физика»), приведено краткое описание тем.

Дисциплина «Технологии интернет-обучения» относится к естественно-математическому циклу подготовки бакалавров по направлению 050100.62 «Педагогическое образование».

Под воздействием происходящих изменений в структуре общества, в системе межличностных отношений формируется новый информационный образ жизни человека, появляются новые этические и правовые нормы деятельности, интересы и потребности. Подготовка человека, готового к плодотворной деятельности в формирующихся условиях, конкурентоспособного и успешного в электронной информационной среде, осознающего и принимающего нормы и правила информационного общества становится социальным заказом к современному образованию, а, следовательно, — одной из его приоритетных задач. Решение может быть найдено во внесении изменений в организацию учебной деятельности, в том числе за счет использования сетевых технологий, позволяющих усилить инструментальные, технологические и интеллектуальные возможности человека [2] и способствующих воспитанию толерантности, критического и экологического мышления [8]. Это и определяет актуальность изучения дисциплины «Технологии интернет-обучения» будущими учителями информатики, математики и физики – бакалаврами направления «Педагогическое образование».

Целью изучения рассматриваемой дисциплины является формирование систему компетенций будущего учителя информатики в области использования современных технологий сети Интернет для

решения педагогических и культурно-просветительских задач. Достижение указанной цели реализуется через решение следующих задач:

- формирование системы знаний об общих принципах организации глобальных компьютерных сетей, способах совместной работы в Интернете, тенденциях развития сервисов;

- получение навыков использования программного обеспечения глобальных компьютерных сетей для поиска, анализа, оценки, использования и размещения информации;

- создание условий для освоения опыта использования социальных сервисов Интернета для организации учебной и проектно-исследовательской деятельности обучаемых с учетом требований обеспечения их информационной безопасности.

Указанные цель и задачи определяют построение содержания учебной дисциплины, которое должно способствовать формированию у студентов знаний основ современных технологий поиска, обработки и представления информации, обеспечивающих совместную работу пользователей в сети Интернет, тенденций развития сервисов Интернета, а овладению опытом использования сети интернет для взаимодействия в учебной и профессиональной сферах. В связи с этим в содержание дисциплины «Технологии интернет-обучения» включены следующие темы:

- обучение на основе интернет-технологий: базовые понятия, предпосылки возникновения и развития;

- сервисы Веб 2.0. Педагогика сетевых сообществ;

- интернет-сервисы визуализации информации;

- использование блогов в учебном процессе;

- образовательный потенциал социальных сетей;

- мультимедийные ресурсы для совместного создания контента в сети Интернет.

Построение дисциплины включает лекционную часть (18 часов), лабораторные работы (18 часов), а также самостоятельную работу студентов в объеме 36 часов.

Кратко опишем содержание представленных тем.

Обучение на основе интернет-технологий: базовые понятия, предпосылки возникновения и развития.

Интернет-обучение обозначает специфику образования, осуществляемого с использованием ресурсов и технологий глобальной сети Интернет и существующего в следующих формах:

1. Полностью дистантным с использованием электронной почты, чат-взаимодействия, видеосвязи и т. д.;
2. Очно-дистантным, когда доля очных занятий сопоставима с количеством дистантных занятий, проводимых удаленным от учеников педагогом;
3. Дополнять очную форму обучения по отдельным параметрам.

При этом особое внимание следует уделить предпосылкам

возникновения интернет-обучения, его принципы и технологии реализации [4, 7, 8].

Сервисы Веб 2.0. Педагогика сетевых сообществ

Веб 2.0. рассматривается как методика проектирования систем, которые путем учета сетевых взаимодействий становятся тем лучше, чем больше людей ими пользуются. Социальные сервисы Веб 2.0 – это сетевое программное обеспечение, поддерживающее групповые взаимодействия: персональные действия участников и коммуникации участников между собой, записи мыслей и аннотирование чужих текстов, размещение и совместное создание мультимедийного контента, обмен сообщениями и т.д.

Для более глубокого понимания разницы между сервисами первого и второго поколений представляется целесообразным рассмотреть характерных пользовательских, программистских и дизайнерских решений [7, 8].

Дальнейшее развитие темы происходит в направлении изучения концепции Веб 3.0.

Изложение данной темы завершается введением понятия сетевого сообщества как совокупности людей, поддерживающих общение и ведущих совместную деятельность при помощи компьютерных сетевых средств [7], выявлением возможностей сетевых сообществ для развития совместного мышления, толерантности, критичности мышления, а также анализом ключевых положений педагогики сетевых сообществ [7, 8, 11, 16, 17].

Интернет-сервисы визуализации информации

Лавинообразный рост информации требует от человека навыков работы с книгой, справочной и другой литературой, с цифровыми информационными источниками, с распределенным информационным ресурсом сети Интернет. Таким образом, в настоящее время эффективная работа с большими информационными объемами требует развития мыслительных умений высокого уровня, включающих:

- умение осмысленно учить материал, выделяя в нем главное и отбрасывая второстепенное;
- умение анализировать, сравнивать, классифицировать, устанавливать причинно-следственные связи и т.д.;
- умение построения рассказа, ответа, речи, аргументирования;
- умение формулирования выводов, умозаключений; умение построения плана действий, самостоятельного принятия решения и т.д.

Мощным средством развития перечисленных умений и навыков является использование инструментов визуализации, что определяет актуальность освоения онлайн-сервисов визуализации информации:

- карт знаний: <http://mindmeister.com>, <http://www.mindomo.com>;
- кластеров: <http://bubbl.us>;
- диаграмм Исикавы: <http://www.classtools.net/education-games-php/fishbone/>.

Особенности данных сервисов рассматриваются в совокупности с правилами построения соответствующих схем [3, 5] и возможностями их

использования на различных этапах занятия для решение ряда педагогических задач [1].

Использование блогов в учебном процессе.

Блоги – это один наиболее популярных и старейших видов сервисов веб 2.0, представляющий собой персональный сайт пользователя или сообщества, содержащий регулярно добавляемые записи и предполагающий обратную связь. В записях блогов помимо текста принято публиковать графические изображения, видеозаписи, сетевые презентации и другой медиаконтент, созданный при помощи сторонних сервисов Интернета. Блоги отличаются простотой добавления новых материалов и возможностями открытого общения в компьютерной сети.

Возможностям использования блогов в учебном процессе посвящены работы [6, 7, 8, 12, 13, 15].

Помимо общих функций блога [13] в качестве основной цели именно образовательных блогов отмечают следующее обеспечение/сопровождение учебного процесса [13, 15]:

- обсуждение спорных вопросов и актуальных проблем (асинхронный диалог);
- обсуждение прочитанного (чтобы побудить учащихся письменно выражать своё мнение);
- совместная работа над проектом учащихся разных классов или групп;
- мониторинг выполнения проектов (совместных или индивидуальных).

Анализ педагогической практики позволяет выделить следующие варианты использования блогов в учебном процессе: предметный блог, блог проекта или исследования, личные блоги преподавателей или учащихся, блог класса, игровые блоги, блоги с демонстрацией работ учащихся [13, 15].

Однако помимо широких возможностей выделяют и ряд проблем, связанных с использованием блогов в образовании: неформальный характер работы, сложность использования существующей балльной системы для оценивания, обязательное наличие определенной материально-технической базы. Подробно этот вопрос раскрывается в работе [13].

Образовательный потенциал социальных сетей

В последнее время все чаще появляются научные и образовательные социальные сети. Социальные сети предоставляют пользователю возможность построить контент в информационной ленте, события и пр. в структурированном, персонифицированном виде. Наиболее известными платформами в России являются «В Контакте», «Одноклассники», «Twitter», «Мой мир». Анализ опыта использования социальных сетей в образовательном процессе позволяет выделить следующие их преимущества и возможности [10, 11]:

- знакомая среда для обучающихся;
- регистрация пользователей и формирование персональных страниц с использованием своего реального имени и фамилии;
- возможность создания учебного контента и совместной работы с ним;
- гибкий выбор моделей публикации своего контента и обмена информацией с другими людьми;
- создание собственных разделов (групп) социальной сети, обеспечивающих деятельность тематических сообществ;
- ведение электронных тетрадей, форумов и чатов.

Однако при этом необходимо учитывать и ряд проблем: отсутствие сетевого этикета участников, высокая степень трудозатрат по организации и поддержке учебной работы, отсутствие открытого доступа к социальным сетям из учебных аудиторий, сложность подбора контента с учетом особенностей аудитории [10].

Примером использования социальной сети для образовательных целей является социальная образовательная сеть преподавателей и студентов Волгоградского государственного социально-педагогического университета: <http://edu.vspu.ru>, в структуре которой предусмотрены инструменты и ресурсы, обеспечивающие становление и развитие профессиональных интернет-сообществ педагогов образовательных учреждений Волгоградского региона.

С технической точки зрения предлагаемый образовательный портал включает страницы пользователей, групп, а также автономные сайты. Связи между пользователями портала создаются на основе механизма друзей, а также через совместное участие в тех или иных группах портала. Наличие связей предполагает получение информации других от пользователей через ленту активности, совместные документы, форумы групп. Подробное описание сети приведено в работе [11].

Мультимедийные ресурсы для совместного создания контента в сети Интернет

Сервисы Интернета позволяют создавать презентации, интерактивные публикации, ленты времени, диаграммы, комиксы, мультфильмы, логотипы, облака слов и многое другое. Особенности этих сервисов заключаются в том, что для разработки новых и весьма сложных ресурсов требуется лишь браузер Интернета. При этом созданные электронные материалы с самого начала открыто публикуются в сети Интернет и доступны для интеграции в структуру страниц других сайтов, блогов, социальных сетей [12]. Наиболее интересные возможности по разработке учебных материалов и организации совместной деятельности учащихся предлагают следующие сервисы:

- сетевые презентации: Prezi.com;
- ленты времени: dipity.com, timerime.com, timetoast.com и др.;
- интерактивные плакаты: Glogster.com;
- сетевые документы: Google Docs, Office 365, Zoho Office и др.;

– вики-сайты: <http://letopisi.ru>, <http://wiki.vspu.ru> и др.

Возможности использования указанных служб для разработки интерактивных учебных материалов, организации проектной деятельности учащихся приведены в работах [9, 12, 14].

Приведенное построение содержания курса «Технологии интернет-обучения» создает условия для более эффективной подготовки будущих учителей к успешной профессиональной деятельности в современных условиях формирования информационного общества.

Литература

1. Брыксина О.Ф. Тренинг «Развитие критического мышления школьников. Использование графических техник визуализации информации». [Электронный ресурс]. URL: [http://wiki.iteach.ru/index.php/Тренинг_\"Развитие_критического_мышления_школьников._Использование_графических_техник_визуализации_информации\"](http://wiki.iteach.ru/index.php/Тренинг_\) (Дата обращения 9.09.2014).
2. Данильчук, Е.В. Теория и практика формирования информационной культуры будущего педагога: монография. М.: Волгоград: Перемена, 2002. 230 с.
3. Интеллект-карты. Тренинг эффективного мышления. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mind-map.ru/?s=29> (дата обращения 7.07.2012)
4. Интернет-обучение. [Электронный ресурс]. URL: <http://allforjoomla.ru/info/302-internet-obuchenie> (дата обращения 10.09.2014).
5. Ментальные карты. [Электронный ресурс]. URL: <http://kolesnik.ru/2005/mindmapping/>. (дата обращения 12.10.2011)
6. Никитин А.В. Использование социальных сетей и сервисов в учебно-исследовательской деятельности студентов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 4. С. 373-376.
7. Патаракин Е.Д. Сетевые сообщества и обучение: учебное пособие. М.: Пер Сэ, 2012. 112 с.
8. Патаракин Е.Д. Социальные сервисы Веб 2.0 в помощь учителю. М.: Интуит.ру, 2007. 64 с.
9. Пономарева Ю. С. Разработка комплекта электронных учебных материалов к уроку на базе вики-портала сообщества учащихся и учителей: материалы науч. исслед. Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2012. 28 с.
10. Проскуряков А.В. Образование в условиях глобализации. использование социальных сетей в образовательном процессе // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2014. Т. 10. № 3-2. С. 201-204.
11. Сергеев А.Н. Становление и развитие сетевых сообществ педагогов в социальной образовательной сети: теоретические основы и практика реализации в ВГСПУ // Теория и практика общественного развития. 2013. № 11. С. 151-154.
12. Сергеев А.Н., Пономарева Ю.С., Ульченко Е.Н. Использование сервисов веб 2.0 в учебных проектах сетевых сообществ Интернета // Вестник ТулГУ. Серия современные образовательные технологии в преподавании естественнонаучных дисциплин. Вып.12. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. С.161 – 168
13. Стародубцев В.А., Горохова Л.А., Киселёва А.А. Блоги в учебном процессе // Народное образование. 2011. № 4. С. 232-240.
14. Ульченко Е.Н. Разработка интерактивных мультимедийных ресурсов при помощи социальных сервисов сети Интернет: материалы науч. исслед. Волгоград: Изд-во ВГСПУ «Перемена», 2012. 64 с.
15. Яковлева И.В. Методика работы учителя по подготовке учебного занятия по физике с применением социальных сервисов // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2012. № 8. С. 27-34.
16. Яковлева И.В., Оспенникова Е.В. Образовательное значение сетевых социальных сервисов // Педагогическое образование в России. 2012. № 5. С. 118-121.
17. Якушина Е.В. Социальные сети в помощь педагогам // Народное образование. 2011. № 8. С. 212-216.

Лапони́на О.Р.

МГУ им. Ломоносова, ф-т ВМК, г. Москва, научный сотрудник, laponina@oit.cmc.msu.ru

Обучение технологиям обеспечения сетевой безопасности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информационная безопасность, сетевая безопасность, межсетевые экраны, технологии туннелирования, D-Link DFL 860E.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы обучения технологиям сетевой безопасности. Приведен пример топологии учебного класса, позволяющей поочередное проведение в классе курса, использующего реальное сетевое оборудование и обычных компьютерных курсов.

Обеспечение информационной безопасности остается наиболее актуальной проблемой в ИТ. Количество используемых на сегодняшний день в этой области технологий огромно. При этом ни одна из используемых технологий не может гарантировать 100% защиты. Специалисты в этой области с одной стороны должны обладать глубокими математическими знаниями, с другой стороны иметь широкий кругозор, необходимый для грамотной оценки и выбора именно той технологии и реализующего ее инструментального средства, которое лучше всего подходит для их конкретного случая.

Как и в любой другой области, в области сетевой безопасности важно не только грамотно оценить существующие технологии и выбрать из них наиболее подходящую, но и уметь использовать их на практике. Именно такие специалисты наиболее востребованы на рынке труда.

Поэтому было принято решение разработать учебное пособие, которое бы охватывало основной спектр используемых в области обеспечения сетевой безопасности технологий и содержало большой лабораторный практикум, который позволял бы готовить специалистов, умеющих применить полученные теоретические знания на практике.

Разработанное учебное пособие предназначено для студентов и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям 010400 «Прикладная математика и информатика» и 010300 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», для сетевых администраторов, которые хотят получить более глубокие теоретические знания в области информационной безопасности и приобрести практические навыки работы на сетевом оборудовании ведущего производителя, а также для всех, кто интересуется данной

проблематикой. Учебному пособию присвоен гриф УМО по классическому университетскому образованию.

Учебное пособие состоит из двух частей: межсетевое экранирование и технологии туннелирования.

В первой части основное внимание уделяется изучению базовых принципов создания надежной и безопасной ИТ-инфраструктуры. В основу была положена общая модель, а также взаимосвязи и понятия, относящиеся к информационной безопасности, описанные в Общих Критериях (Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, 2009г.) и в связанных с ними документах NIST 800 серии. Основой безопасной ИТ-инфраструктуры является триада сервисов – Конфиденциальность, Целостность, Доступность – Confidentiality, Integrity, Availability (CIA). Эти сервисы служат фундаментом информационной безопасности. Для реализации этих трех основных сервисов требуется выполнение дополнительных сервисов – идентификации, аутентификации, авторизации, невозможности отказа от выполненных действий и других.

Далее рассматриваются способы сегментирования сетей на канальном уровне, способы классификации межсетевых экранов и создание политик межсетевых экранов. Подробно рассмотрена технология трансляции адресов (NAT).

Рассмотрены основные технологии и способы классификации систем обнаружения и предотвращения проникновений, способы приоритезации трафика и создания альтернативных маршрутов.

Во второй части основное внимание уделяется изучению наиболее важных сервисов и механизмов защиты информации в сети интернет, а именно, криптографических алгоритмов и протоколов, в которых используются эти алгоритмы. В частности рассмотрены основные алгоритмы симметричного шифрования: DES, 3DES, ГОСТ 28147, Rijndael, а также режимы их использования; рассмотрены алгоритмы шифрования с открытым ключом RSA, Диффи-Хеллмана и DSS, рассмотрены принципы распределения открытых ключей, стандарт X.509 третьей версии и принципы создания инфраструктуры открытого ключа, рассмотрены наиболее широко используемые протоколы сетевой безопасности и создания виртуальных частных сетей.

Virtual Private Network (VPN) – это различные технологии, которые позволяют создавать логические сети, использующие в качестве транспорта другие сетевые протоколы. При этом характеристики безопасности созданной логической сети могут отличаться от характеристик безопасности сети, которая используется в качестве транспорта. Такие сети могут создаваться на разных уровнях стека OSI исходной транспортной сети. Создаваемая логическая сеть не обязательно должна быть маршрутизируемой, она может обеспечивать соединение типа точка-точка.

VPN используются в двух основных сценариях:

Для соединения двух удаленных локальных сетей, используя в качестве транспорта сеть с другими параметрами безопасности.

Для входа удаленного пользователя в локальную сеть, используя в качестве транспорта сеть с другими параметрами безопасности.

При создании VPN всегда следует помнить, что безопасность компьютерной системы и сетевого трафика зависит от многих факторов. Развертывание VPN с использованием той или иной технологии является только частью комплексного подхода к обеспечению безопасности.

Безопасность, обеспечиваемая VPN, зависит от многих параметров операционного окружения, в котором VPN выполняется. Например, от безопасности ОС, источника случайных чисел, способов управления системой и т.д.

Рассмотрены основные протоколы создания VPN и проанализированы их характеристики с точки зрения безопасности создаваемых соединений, возможностей масштабирования и наличия каких-либо дополнительных возможностей. Большое внимание уделено совместному использованию различных протоколов, например, совместному использованию протоколов IPSec и L2TP, и совместному использованию различных технологий, например, совместному использованию протоколов IPSec и технологии NAT. Трансляция адресов позволяет хостам в частной сети прозрачно взаимодействовать с получателем во внешней сети и наоборот. Существуют различные варианты NAT, терминология преобразования адресов в этих случаях может несколько отличаться. Стандартные режимы IPSec, в которых IP-адреса конечных точек не изменяются, не работают с NAT. В фазе I протокола IPSec выполняется определение поддержки прохождения NAT обоими участниками и определение того, что между участниками имело место преобразование NAT. Для возможности прохождения NAT добавлено два новых инкапсулирующих режима: UDP-Encapsulated-Tunnel и UDP-Encapsulated-Transport.

Рассмотрены также различные способы хранения учетных записей, а именно используя протокол RADIUS и протокол LDAP.

Большое внимание уделено практическим вопросам. Учебное пособие содержит описание двадцати шести лабораторных работ на реальном сетевом оборудовании компании D-Link.

Для проведения этих лабораторных работ был специальным образом оборудован компьютерный класс.

Особенность выделенного нам компьютерного класса состоит в том, что в нем к каждому компьютеру подведено два сетевых кабеля, таким образом, в классе существует две параллельные сети. Одна сеть используется в учебном процессе на компьютерных курсах ВМК. К другой подключены наши межсетевые экраны. В результате мы имеем возможность работать с реальным сетевым оборудованием и не бояться, что в результате наших возможных ошибок при настройке маршрутизации, правил фильтрации или при создании тех или иных туннелей мы сорвем

занятия на других курсах, если они не смогут получить доступ в интернет в результате наших ошибок.

Для проведения лабораторных работ введено понятие рабочего места. Одно рабочее место – это один межсетевой экран D-Link DFL-860E и три рабочие станции под управлением Windows XP. В компьютерном классе создано семь таких рабочих мест.

Межсетевой экран D-Link DFL-860E имеет следующие характеристики:

- Два wan-порта, обозначенные wan1 и wan2.
- Один dmz-порт.
- 8 lan-портов.

В учебном классе создана следующая топология сети.

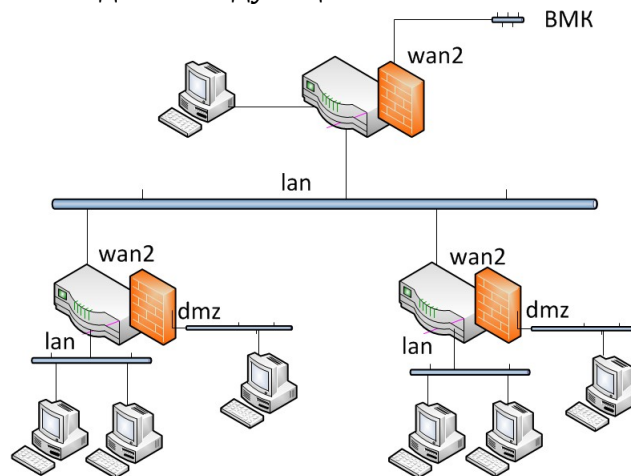


Рисунок 1. Топология сети в учебном классе

Wan2-порты межсетевых экранов слушателей соединены с lan-портом межсетевого экрана преподавателя. На этом lan-порту настроен DHCP-сервер, который раздает IP-адреса, шлюз по умолчанию и DNS-сервер wan2-портам межсетевых экранов слушателей.

Слушатели имеют доступ к рабочим станциям под студенческим аккаунтом с минимальными правами, поэтому была необходима начальная настройка их межсетевых экранов, так как IP-адреса рабочие станции должны получать по DHCP. Также в настоящий момент у нас нет сервера com-портов, с помощью которого каждый слушатель мог бы выполнить начальную настройку своего межсетевого экрана с заводских настроек.

Начальная конфигурация межсетевых экранов слушателей состояла в следующем. На lan-интерфейсах каждого межсетевого экрана был настроен DHCP-сервер, который раздает IP-адреса, шлюз по умолчанию и DNS-сервер двум рабочим станциям, подключенным к lan-интерфейсу.

Для dmz-интерфейса DHCP-сервер настраивается слушателем самостоятельно. После этого на lan-интерфейсе создаются два vlan-интерфейса, к которым подключаются рабочие станции. Для этих vlan-интерфейсов создаются DHCP-сервера и правила фильтрации, обеспечивающие DNS-сервисы и выход в интернет с рабочих станций.

Одной из главных целей описанной выше начальной настройки межсетевых экранов, которую выполняют сами слушатели, является знакомство с веб-интерфейсом и интерфейсом командной строки D-Link DFL-860E.

При настройке протоколов туннелирования используются два межсетевых экрана, между которыми создается туннель. Пример топологии сети.

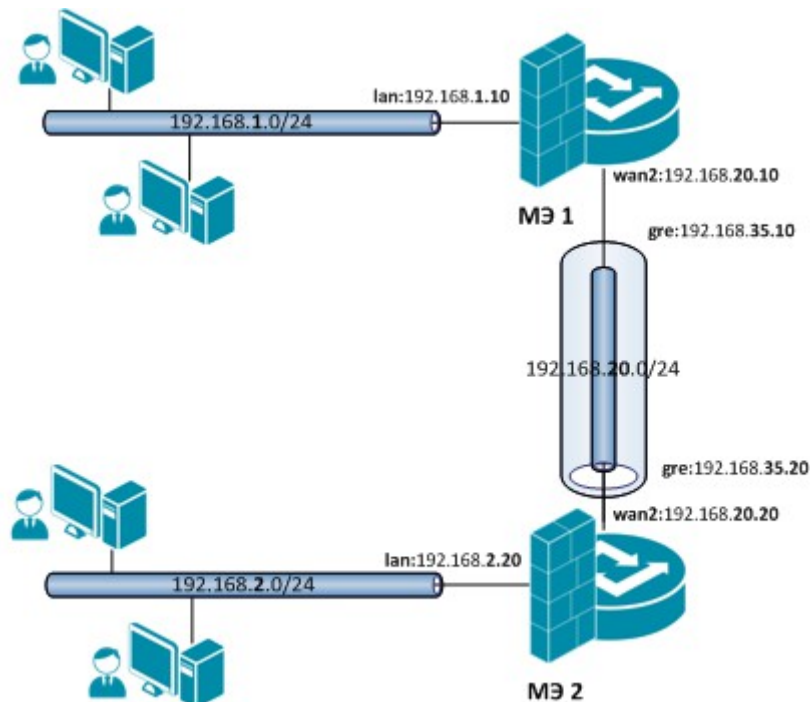


Рисунок 2. Пример топологии сети при настройке протоколов туннелирования

Литература

1. Лапони́на О.Р. Основы сетевой безопасности. Часть 1. Межсетевые экраны: Учебное пособие М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2014г. — 378 с.
2. Лапони́на О.Р. Основы сетевой безопасности. Часть 2. Технологии туннелирования / О.Р. Лапони́на— М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» 2014г. — 474 с.
3. D-Link Corporation «Network Security Firewall User Manual NetDefendOS ver. 2.27.03», 2010г. 552с.

Губин М.А.¹, Таранова Е.И.²

¹ Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина, к.полит.н., доцент кафедры математического моделирования и компьютерных технологий, fosscenter48@gmail.com

² Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина, магистрант

Разработка Интернет-портала олимпиад средствами технологии ASP.NET MVC

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ASP.NET, разработка, web-приложение.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы создания сайта (портала) для проведения олимпиад, конкурсов среди учащихся разных возрастных групп. Анализируя изменения в системе образования за последние несколько лет, можно заметить, что технология создания портфолио прочно вошла в образовательную практику. Портфолио представляет собой так называемую папку достижений, включающую в себя материалы, которые позволяют учитывать результаты, достигнутые в разнообразных видах деятельности.

В современном мире, в котором продолжается стремительное развитие научно-технической деятельности, требуются всё более глобальные изменения в развитии информатизации всех сфер жизни общества. Практически во всех странах мира осуществляются программы широкомасштабной информатизации образования, — создаются единые информационные и образовательные среды, которые включают в себя совокупность технических, программных, телекоммуникационных и методических средств, позволяющих оптимально использовать новые информационные технологии в сферах, связанных с образованием и обучением, а также внедрять их во все виды и формы любой гражданской деятельности.

Почему мы не указываем на то, что наше веб-приложение является именно образовательным? Любой веб-сайт должен быть ориентирован на конечных пользователей. Сделать универсальный сайт для всех невозможно, но затронуть интересы широкой аудитории пользователей сети Интернет вполне реально. В частности образовательный портал является сложным человеко-машинным программно-информационным комплексом. Он предназначен для аккумуляции готовой, а также для подготовки, размещения и использования распределенной научной, научно-методической, образовательной и другой информации, предназначенной для совершенствования организации образовательного

процесса и управления им. Разработка такого приложения сложна с точки зрения затрат времени и, следует признать, невозможна только лишь усилиям одного человека. Но мы можем сделать попытку начала наполнения портала по частям.

Какая же часть актуальна?

Анализируя изменения в системе образования за последние несколько лет, можно заметить, что технология создания портфолио прочно вошла в образовательную практику. И это легко объяснимо. Портфолио представляет собой так называемую папку достижений, включающую в себя материалы, которые позволяют учитывать результаты, достигнутые в разнообразных видах деятельности. Более того, создание ученического портфолио стало одним из требований новых стандартов и важной составляющей системы оценивания учебных достижений. [6] Портфолио показывает уровень подготовленности обучающегося и уровень его активности как в учебной, так и внеучебной деятельности. Портфолио набрало популярность не только среди школьников и студентов, но даже среди воспитанников дошкольных учреждений. Активное участие в такого рода образовательных мероприятиях и дает возможность пополнять портфолио. Но где же брать материалы для портфолио?

При анализе всех возможных ответов на этот вопрос и появилась идея создания сайта (портала) для проведения олимпиад, конкурсов среди учащихся разных возрастных групп.

Сначала поговорим об интерфейсе сайта. Его структура очень проста, поэтому будет одинаково понятна как студентам, так и школьникам.

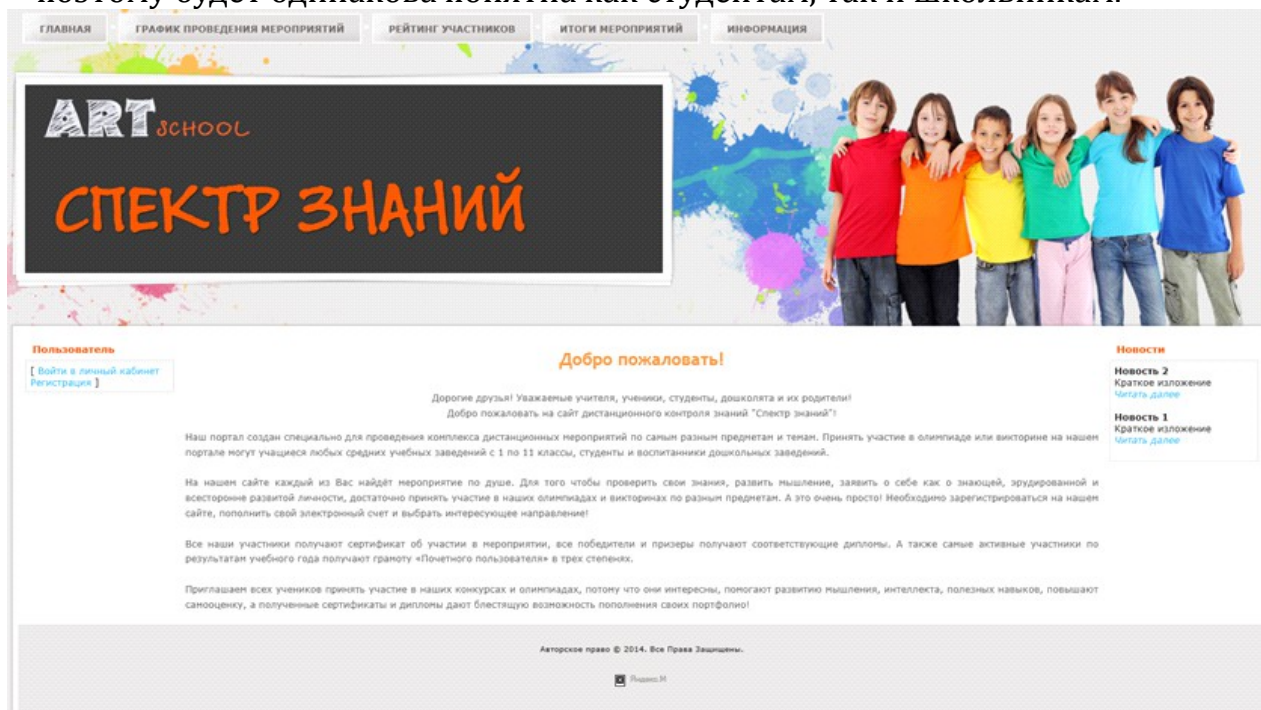


Рис. 1. Главная страница сайта

Основное горизонтальное меню отображается на всех страницах

ресурса и состоит из пяти вкладок: «Главная», «График проведения мероприятий», «Рейтинг участников», «Итоги мероприятий», «Информация». Из названия каждой вкладки можно понять, что будет содержаться в данном пункте меню. Закладка «График проведения мероприятий» состоит из четырех блоков (олимпиады, конкурсы, викторины, домашнее задание), каждый из которых содержит всю необходимую для участника информацию о предстоящих мероприятиях. Закладка «Рейтинг мероприятий» отображает информацию о сумме баллов, полученных учащимся по итогам всех мероприятий, о месте ученика в общем списке зарегистрированных пользователей и о количестве мероприятий с его участием. Закладка «Итоги мероприятий» аналогична закладке «График проведения мероприятий», только содержит информацию о уже прошедших событиях. Закладка «Информация» дает пользователям и гостям полезную информацию о правилах сайта, порядке проведения мероприятий, возможных наградах и другую.

Теперь о технической составляющей. Для реализации проекта был выбран инструмент ASP.NET MVC Framework.

ASP.NET MVC – это платформа для разработки веб-приложений от Microsoft, которая сочетает в себе эффективность и аккуратность архитектуры «модель-представление-контроллер» (англ. MVC – model-view-controller), новейшие идеи и примеры гибкой разработки, а также все лучшее из существующей платформы ASP.NET. Она представляет собой полномасштабную альтернативу традиционной технологии ASP.NET Web Forms, имея при этом существенные преимущества [5].

ASP.NET стал большим коммерческим успехом, но есть и другие альтернативные способы веб-разработки. Для разработки сайтов зачастую используется PHP. Это вполне объяснимо: поддержка большинством хостингов, простота базового изучения (можно быстро что-либо подправить), большое количество специалистов и, конечно же, огромный выбор готовых CMS. Но если вы используете не готовое решение, а создаете движок с нуля под свои собственные нужды, то многие преимущества PHP отходят на второй план. Сравнивая ASP.NET и PHP, можно отметить следующее [4].

1. Преимущества ASP.NET:

- Полноценный язык. ASP.NET поддерживает наследование, абстрактный класс, перегрузку функции и различные типы переменных. Более того, платформа .NET позволяет использовать любой .NET-совместимый язык (чаще остальных встречаются C# и VB.NET). Среди прочих можно выделить удобный объектно-ориентированный синтаксис базовых библиотек ASP.NET. PHP 5 поддерживает объектно-ориентированный синтаксис, но сказать, что это чисто объектно-ориентированный язык, нельзя. В ASP.NET внутри класса требуется объявление переменной, а в PHP

переменной может быть присвоено любое значение.

- Компиляция программ. В отличие от PHP, в .NET код компилируется, благодаря чему он выполняется гораздо быстрее.
- Идентичность среды разработки и деплоя. Для развертывания приложения требуется встроенный в Windows IIS (Internet Information Server). При работе с PHP необходимо доустанавливать Apache и делать дополнительные настройки системы. При разработке на ASP.NET используется одинаковая среда и на девелоперских компьютерах и на серверах в Интернете.
- Полная поддержка юникода. В отличие от сайтов на PHP, все сайты на ASP.NET автоматически поддерживают UTF-8.
- Огромные возможности, включенные в состав стандартных библиотек. Для реализации многих аналогичных вещей на PHP используются сторонние библиотеки, в отличие от ASP.NET, но их использование создает дополнительные проблемы: отсутствие библиотек на хостинге, необходимость изучения.
- Расширенные возможности базы данных. Программисты ASP.NET используют MS SQL, который обладает более широкими возможностями, чем MySQL. Кроме того ASP.NET поддерживает и другие платформы баз данных, включая Oracle, Microsoft Access и т.д., в отличие от PHP.

2. Преимущества PHP:

- Полная бесплатность, включая платформу. Довольно большой плюс, если вы разрабатываете масштабируемую систему, которая должна работать на десятках и сотнях серверах. В этом случае вы сэкономите много денег, используя бесплатную ОС. Если вашему сайту достаточно одного сервера, то стоимостью ОС можно пренебречь. То же относится и виртуальному хостингу.
- Простота. Это актуально для начинающих программистов, когда не требуется большое количество свойств. Но при разработке сложной системы это преимущество превращается в недостаток — неполная реализация объектности, отсутствие строгой типизации и других свойств, присущих полноценным языкам, приводит к проблемам в развитии и поддержке сложной системы.
- Большой выбор хостингов. При разработке сайта с нуля стоимость хостинга уходит на второй план по сравнению со стоимостью разработки.

Важно различать архитектурный паттерн MVC и ASP.NET MVC Framework. MVC паттерн не является новым, его корни уходят к проекту Smalltalk (1978 год) в Xerox PARC, но завоевал огромную популярность он сегодня в качестве паттерна для веб-приложений по следующим причинам:

- Взаимодействие пользователя с MVC приложением следует естественному циклу: пользователь совершает действие, в ответ на

это приложение меняет свою модель данных и предоставляет пользователю обновленный вид. А затем цикл повторяется. Это очень удобно для веб-приложений, предоставляемых в виде серии HTTP запросов и ответов.

- Необходимость веб-приложению объединять несколько технологий (например, базы данных, HTML и исполняемый код), как правило, разбивается на множество уровней или слоев. Модели, которые вытекают из этих комбинаций, естественны для концепции MVC.

ASP.NET MVC Framework реализует MVC паттерн и, тем самым, обеспечивает значительно улучшенное разделение концепций. На самом деле ASP.NET MVC реализует современный вариант MVC паттерна, который особенно хорошо подходит для веб-приложений.

Применяя и адаптируя MVC паттерн, ASP.NET MVC Framework сильно конкурирует с Ruby on Rails и аналогичными платформами, и переносит MVC паттерн в основное русло мира .NET. Суммируя опыт и лучшую практику разработчиков, использующих другие платформы, можно сказать, что ASP.NET MVC может предложить даже больше, чем Rails. [7]

Для авторов, как для разработчиков, решающими факторами выбора платформы веб-разработки стали такие особенности ASP.NET MVC, как: расширяемость, жесткий контроль над HTML и HTTP, тестируемость, мощная система маршрутизации, возможность разрабатывать в лучших сегментах платформы, современный API, наличие открытого исходного кода.

Среди классов, которые используются для обеспечения функциональности сайта можно выделить несколько основных:

1. *Класс работы с пользователями.* Этот класс содержит в себе функции, отвечающие за регистрацию учетных записей, редактирование персональных данных и удаление записей.

Функция регистрации пользователей разделена на два этапа: процесс регистрации и процесс активации. Процесс регистрации проходит в три шага: заполнение персональной информации, внесение данных об учебном заведении и заполнение конфиденциальных полей, необходимых для авторизации на сайте.

```
public void CreateUser(string url, string lastName, string firstName, string
middleName, string phone, string zipId, int coutryId, int regionId, int rayonId, int citiId,
string email, string password, string nameAddress, string fioAddress)
```

```
{
    var user = new User();
    user.LastName = lastName;
    ...
    _db.AddToUsers(user);
    _db.SaveChanges();
    ...
}
```


Процесс активации, запускается после нажатия на кнопку «Создать личный кабинет» (осуществляется дополнительная защита паролей, генерируется и отправляется на почту пользователя ссылка активации аккаунта).

```
{
...
    string emailBody = "Благодарим Вас за регистрацию на сайте
Спектр знаний!<br/> Ваши персональные данные: <br/>Логин:
" + user.Email + "<br/>Пароль: " + password + "<br/>Для
подтверждения регистрации на сайте Эрудит, пожалуйста
прейдите по этой ссылке: :<a href=" + activationLink + ">
активировать.</a><br/><br/> Это автоматически созданное
письмо. Отвечать на него не нужно. Если Вы не отправляли
запрос на регистрацию, проигнорируйте данное сообщение.";

    Email.SendEmail(emailBody, activationLink, user.Email);

...
}
```

Функция удаление записи имеет следующий вид

```
public void DeleteUser(int id)
{
    var user = GetUser(id);
    _db.DeleteObject(user);
    _db.SaveChanges();
}
```

2. *Класс работы с экзаменатором.* Функционал этого класса делает доступными для учителя, получившего логин и пароль у администратора, дополнительные возможности:

·добавлять (редактировать, удалять) мероприятия;

```
if (ModelState.IsValid)
{
    var startDateTime = startDate + " " + startTime;
    var stopDateTime = stopDate + " " + stopTime;
    db.AddOlympiad(type, name, description, ruls,
Convert.ToDateTime(startDateTime),
System.Globalization.CultureInfo.GetCultureInfo("hi-
IN").DateTimeFormat), Convert.ToDateTime(stopDateTime,
System.Globalization.CultureInfo.GetCultureInfo("hi-
IN").DateTimeFormat));
...
    var olympiad = new Olympiad();
    olympiad.Type = type;
    olympiad.Name = name;
    olympiad.Description = description;
...
    _db.AddToOlympiads(olympiad);
}
```

```

    ...
}
else
{
    ...
}

```

· добавлять (редактировать, удалять) задания в уже созданных мероприятиях;

```

public void CreateTask(string taskName, int type, int olimpiadId,
float point)
{
    var task = new Task();
    task.TaskName = taskName;
    task.Type = type;
    task.OlimpiadId = olimpiadId;
    task.Point = point;

    _db.AddToTasks(task);
    _db.SaveChanges();
}
public void EditTask(int id, string taskName, float point)
{
    var task = GetTask(id);
    task.TaskName = taskName;
    task.Point = point;
    _db.SaveChanges();
}

```

· добавлять (редактировать, удалять) новые варианты ответа в заданиях.

```

$(".addTask").on("click", function (e)
{
    e.preventDefault();

    $("<div></div>")
    .addClass("dialog")
    .appendTo("body")
    .dialog
    ({
        title: ("Добавляем задание"),
        close: function () { $(this).remove() },
        modal: true
    })
    .load("Url.Action("AddTask", new { id = ViewBag.Id })");
});

...
db.AddAnswer(id, name, confirm);
...
_db.AddToAnswers(answer);

```

3. Класс работы с мероприятиями. Функции этого класса направлены на сортировку и отображение мероприятий по типам и дате, есть возможность перенесения пройденных событий в архив.

```

...
var array = db.Users;
foreach (var s in array)
{
    if (s.Email != User.Identity.Name)
    {
        continue;
    }
    ViewBag.S = s.Id;
}
int uid = Convert.ToInt32(ViewBag.S);
ViewBag.Array = db.Participants.Where(user => user.UserId == uid);
ViewBag.Olimpiads = db.Writables.OrderByDescending(id =>
id.StartDateTime);
...
foreach (QuestionnaireNew.Models.Writable o in ViewBag.Olimpiads)
{
    if (o.Type == "Олимпиада" & o.StopDateTime >= DateTime.Now)
    {
        ...
    }
}
}

```

В классе реализована проверка некоторых типов заданий и ведется подсчет баллов за правильные ответы на вопросы. Организованы функция пошагового вывода заданий на экран и функция вывода вариантов ответа в случайном порядке.

```

ViewData["Count"] = db.Tasks.Count(t => t.OlimpiadId == id);
ViewBag.Task = db.Tasks.Where(t => t.OlimpiadId == id).OrderBy(t =>
t.Id).Skip(pageSize * pageNum).Take(pageSize).ToList();
ViewBag.Answer = db.Answers;
ViewBag.OlympiadId = id;
...
var answer = HttpUtility.UrlDecode(Request.QueryString["answer"]);
dm.UserAnswer(userName, Convert.ToInt32(olympiadId),
Convert.ToInt32(taskId), answer);
...
foreach (QuestionnaireNew.Models.Task t in ViewBag.Task)
{
    ViewBag.TaskId = t.Id;
    ViewBag.TaskType = t.Type;
    var answer = db.Answers.Where(a => a.TaskId == t.Id);
    if (t.Type != 3)
    {
        foreach (QuestionnaireNew.Models.Answer a in answer)

```

```

        {
            switch (t.Type)
            {
                ...
            }
        }
    }
}
...
var a = ViewBag.TaskType + "";
if (a == "3")
{
    $("#Next").on("click", function()
    {
        $.getJSON('/Home/AddAnswer/?olympiadId=' +
            ViewBag.OlympiadId + '&taskId=' + ViewBag.TaskId +
            '&answer=' + $("#answerTb").val());
    });
}

```

Конечно, каждая из процедур, используемая в классах, имеет персональные возможности и ограничения. Например, редактирование или удаление мероприятия невозможно, если оно уже запущено, т.е. участники уже выполняют задания; каждое задание имеет определенный тип (тесты, соответствия, письменные ответ), поэтому нельзя добавить в задания одного типа, задания другого типа.

Благодаря достаточно сложной структуре программного кода сайта, автору удалось приобрести необходимый опыт разработки веб-приложений.

В заключение можно сказать, что одним из преимуществ идеи по разработке портала можно считать его способность к дополнению и модификациям. Приложение может расширяться путем написания дополнительных модулей для конкретного спектра проблем. Т.к. с ростом потребностей в использовании тех или иных функций, должны расти и возможности их предоставления.

Литература

1. Роб Камерон, Дэйл Михалк ASP.NET 3.5, компоненты AJAX и серверные элементы управления для профессионалов. – Пер. с англ. – М. : ООО «И. Д. Вильямс», 2009. – 608 с. : ил
2. Мэтью Мак-Дональд, Адам Фримен, Марио Шпуста Microsoft ASP.NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов. – Вильямс, 2011. – 1424 с.
3. Стивен Сандерсон ASP.NET MVC Framework с примерами на C# для профессионалов. – Вильямс, 2010. – 510 с.
4. <http://developerguru.net/post/asp-dot-net-vs-php/>
5. <http://mic.urfu.ru/node/403>
6. <http://www.resobr.ru/materials/19/37252/>
7. <http://smarly.net/pro-asp-net-mvc-4/introducing-asp-net-mvc-4/what-is-the-big-idea/key-benefits-of-asp-net-mvc>

Симуни М.Л.

Санкт-Петербургский государственный университет, старший преподаватель кафедры информатики, simuni@mail.ru

Система для поддержки использования комментариев и содержательных имен переменных при обучении программированию

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Среда разработки, комментарии, стиль программирования, обучение программированию.

АННОТАЦИЯ

В статье описывается инструментальная система поддержки использования комментариев и содержательных имен переменных EasyAssist. Рассматриваются основные возможности системы и приводятся примеры ее использования при обучении программированию. Описываются возможности расширения системы пользователями. Рассматривается возможность использования системы при обучении программированию для специализированной предметной области, на примере задач обработки разреженных матриц.

При обучении программированию начинающих (школьников или студентов младших курсов) одной из важных задач является приобретение навыка использования осмысленных имен переменных [1]. Как правило, в начале обучения студенты не чувствуют преимуществ задания содержательных имен, и используют однобуквенные или двухбуквенные идентификаторы.

Таким образом, возникает задача мотивировать обучающихся, для того, чтобы они почувствовали преимущества имен, имеющих смысл. Это преимущества становятся очевидными при работе над большими проектами, но хотелось бы, чтобы студенты поняли важность хорошего стиля программирования с первых дней обучения, даже при написании очень простых программ.

Еще одной важной задачей является приобретение студентами навыков комментирования программ. Тут задача является, видимо, еще более сложной, и практика показывает, что, даже на старших курсах, студенты пишут комментарии очень редко. Надо отметить, что существуют подходы к оформлению программ, которые и не предполагают активного использования комментариев. В частности, при использовании гибких технологий [2] выдвигается задача написания таких программ, которые

являются понятными и без комментариев, а комментарии считаются признаками плохого кода. В то же время, такие технологии, как технология грамотного программирования Д. Кнута [3] предполагают очень активное использование комментариев, при котором комментарии фактически становятся документацией к программе.

Как нам кажется, при обучении программированию было бы желательно добиться от студентов комментирования тех мест кода, смысл которых без пояснений может быть не вполне ясен. К ним можно отнести, в частности, описание назначения и предполагаемого использования переменных в тех случаях, когда это не полностью понятно из их имени. Однако подавляющее большинство студентов, к сожалению, воспринимает написание комментариев, как лишнюю и бесполезную работу. Как нам кажется, было бы полезным с первых недель обучения программированию дать студентам возможность получить практическую пользу от добавляемых ими комментариев и продемонстрировать преимущества систематического использования комментариев даже в маленьких учебных программах.

В разрабатываемой системе поддержки обучения программированию EasyAssist предлагается использовать подход, при котором обучающиеся, задающие осмысленные имена переменных и комментарии к ним, получают от этого непосредственную практическую пользу. Система делает процесс программирования для таких пользователей более простым и обеспечивает их полезными подсказками. Система ориентирована на язык C# [4], который используется для обучения студентов младших курсов на математико-механическом факультете СПбГУ.

Приведем простой пример использования системы EasyAssist. На одном из первых занятий студенты изучают темы «ввод данных с клавиатуры» и «суммирование данных и схожие операции». Типичным упражнением по этим темам может быть задача: «Ввести несколько чисел, пока не будет введен 0. Найти произведение последних цифр всех чисел, которые делятся на 2».

Допустим, студент написал следующее описание переменной для суммирования:

```
int product = 0;
```

(Отметим, что студент, по-видимому, допустил ошибку, неправильно инициализировав переменную).

Выбрав содержательное имя переменной, обучающийся, прежде всего, сделал программу более понятной для чтения человеком. Но и система поддержки обучения может, имея информацию о типичных именах переменных и связанных с ними сценариях, сделать вывод о предполагаемом использовании переменной и, как следствие, помочь обучающемуся в процессе написания программы.

В рассматриваемой ситуации система EasyAssist обеспечивает следующие возможности:

- при вводе имени переменной `product` появится список автодополнения [5], содержащий, в данном случае, операцию `product *= ...`;
- выдаются предупреждения о возможном некорректном применении переменной. Допустим, пользователь добавил оператор `product++`. Скорее всего, это ошибочное использование переменной (по крайней мере, оно не соответствует предполагаемому смыслу имени переменной). Пользователь получает соответствующее предупреждение;
- выдаются предупреждения по возможным пропущенным действиях. В данном случае, пользователь получит сообщение о том, что при вычислении произведения следует, как правило, инициализировать переменные значением 1, а не 0.

Эти возможности, хотя и не являются существенными для опытного программиста, облегчат работу начинающему программисту. Но более важным, как нам кажется, является то, что они послужат стимулом начинающему программисту для использования понятных и стандартизированных имен.

Рассмотрим некоторые дополнительные возможности системы, которые делают работу с ней более комфортной:

- пользователь может легко отключить перечисленные возможности в тех случаях, когда роль переменной определена ошибочно. Например, если речь идет о переменной, описывающей тип некоторого продукта, программист тоже может назвать ее `product`. В этом случае он легко может сообщить системе о том, что в его программе речь идет о другой роли переменной;
- если роль переменной определена правильно, но в данном случае ограничения роли тут применять не надо, их также можно легко отключить. Например, может быть, что в какой-то конкретной ситуации выражение `product++` все же имеет смысл. В системе предусматривается возможность это указать, и для данной переменной выражение будет добавлено в словарь допустимых действий.

Отметим, что при проектировании системы EasyAssist значительное внимание уделено созданию минимально обязывающего интерфейса. Все предупреждения легко можно отключить и, при желании, программист может просто не обращать на них внимание. Предупреждение видно только если пользователь подведет курсор к соответствующей пиктограмме. Такой подход связан с тем, что, студенты, начинающие обучение программированию, как правило испытывают дискомфорт при появлении любых предупреждений, даже самых понятных.

Рассмотрим теперь пример использования комментариев в системе EasyAssist. В описанной выше задаче о произведении цифр четных чисел

пользователь должен описать и переменную, содержащую очередное введенное число. Видимо, оно будет описано как-то так:

```
int n;
```

В данном случае ни студент, ни опытный программист, как правило, не будет использовать более осмысленное имя (например, `inputValue`). Практика показывает, что тут удобнее использовать короткое имя. Однако опытные программисты часто используют в этом и подобных случаях комментарии, для того, чтобы уточнить роль переменной. Если обучающийся хочет сделать программу понятнее, он может задать комментарий:

```
int n; // Введенное число
```

Система анализирует такие комментарии, и, как результат, пользователь может воспользоваться теми же преимуществами при дальнейшей работе с переменной, что и в случае с переменной `product`:

- при вводе имени переменной `n` появится список автодополнения, Пользователь может выбрать один из нескольких типичных сценариев — или чтение одной переменной из строки, или, как более сложный случай, может выбрать последовательность действий для получения нескольких числовых значений из одной строки;
- как правило, переменные, используемые для ввода значений не должны изменяться в других местах программы. Однако начинающие студенты часто пытаются «сэкономить» переменные, и использовать их в нескольких ролях. В рассматриваемом примере, значительная часть студентов использует оператор `n = n % 10`; для получения последней цифры числа. Это противоречит хорошей практике программирования, и пользователь получит об этом предупреждение. Как и вообще все предупреждения системы `EasyAssist`, оно будет минимально обязывающим и легко отключаемым.

Таким образом, система `EasyAssist` хранит информацию о наиболее типичных ролях переменных, используемых в простых программах [6], и о типичных именах и комментариях, которые могут быть связаны с этими ролями. Рассмотрим информацию, которая хранится в системе для каждой роли:

- типичные форматы имен, в виде регулярных выражений. Например, для роли «произведение» имя может иметь формат `product*` или `prod*`. Форматов может быть достаточно много. Для роли «подсчет количества» переменная может называться `counter` или `cnt` или `number` и т.д. Пользователь, даже начинающий, может легко добавить свой формат имени переменной. Если, например, он предпочитает имена переменных на основе русских слов, он может называть их `int proizedenie`; или даже назвать переменную по-русски `int произведение`; (язык `C#` обеспечивает такую возможность). Нам

кажется важным, чтобы пользователь понимал, что речь идет не о навязываемых ему стандартах, а об использовании последовательной системы имен. Эту систему он, при желании, может создать в соответствии со своими предпочтениями.

- типичные стандартные комментарии, обозначающие смысл переменной. Это, видимо, является наименее удобным элементом системы, требующем дальнейших исследований и развития. В настоящее время предполагается задавать для каждой роли некоторый небольшой фиксированный набор словосочетаний (например, «введенное число» для чтения чисел, «цифра числа» для переменной, получающей очередную цифру числа и т.д.). Пользователь может посмотреть список всех имеющихся в системе комментариев, связанных с ролями. Как и в случае с именами переменных, пользователь может легко добавить в систему свои словосочетания для данной роли. Возможно, было бы интересно попытаться включить в систему элементы анализа естественного языка, но в настоящий момент это не предусматривается;
- набор операций, которые предполагается осуществлять с переменными данной роли. Например, для произведения — это операция «переменная *= значение,» и инициализация значением 1. В большинстве случаев, с каждой ролью связано небольшое количество операций (одна или две);
- ограничения на последовательность операций, если ее можно сформулировать. Например, при вычислении произведения типичная последовательность действий — это инициализация 1, и за ней несколько операций *=. В случае нарушения этой последовательности пользователь получит предупреждение;
- опция, указывающая, является ли набор операций ограничивающим, или для этой роли возможны и другие произвольные операции. Эта опция будет более подробно рассмотрена дальше.

Перечислим и кратко рассмотрим основные роли, предусмотренные в системе. Но сразу следует отметить, что это только стандартные роли. Преподаватель, а, возможно, и студент, могут дополнять систему своими собственными ролями.

Наиболее часто встречающимся при обучении основам программирования являются, видимо, различные варианты переменных, используемые для получения суммарного агрегированного значения некоторой последовательности. Такие операции называются также операциями свертки [7]. К таким ролям относится сумма значений, произведение значений, количество значений, максимум или минимум.

Например, если обучающийся напишет:

```
int max;
```

то система предложит ему при автодополнении оператор

```
if (max > ...) max = ..;
```

Кроме этого система напомнит о необходимости присвоить переменной достаточно малое начальное значение.

Важным частным случаем является переменная, используемая для получения агрегированного логического значения. Рассмотрим в качестве примера следующую задачу для начинающих: «Ввести 100 чисел, и определить, есть ли среди них хотя бы одно четное». Типичным подходом к решению может быть введение логической переменной:

```
bool b = false;
```

В дальнейшем, для этой переменной в какой-то момент надо установить значение true и вернуть результат.

У многих студентов такие задачи вызывают существенные трудности. Встречаются самые разнообразные ошибки: устанавливается неправильное начальное значение; в дальнейшем, после того, как переменная получила значение true, ей снова присваивается значение false и т.д. С другой стороны, можно отметить, что именно имена логических переменных у начинающих программистов, как правило, не несут никакой смысловой нагрузки. Почти всегда используются имена b, flag и т.п., указывающие только на тип переменной, но не на ее смысл.

В системе EasyAssist присутствуют несколько различных ролей для логических переменных и, в частности, «проверка для всех» и «проверка существования». В данном случае программисту имеет смысл выбрать имя переменной, начинающееся со слов any или has. Например:

```
bool anyEven = false;
```

Для такой переменной EasyAssist выберет роль «проверка существования» и поможет сформировать правильную последовательность действий. А именно, единственным оператором, который система будет предлагать при автодополнении, будет anyEven = true. Кроме этого, при неправильной инициализации значением true пользователь увидит предупреждение и т.д.

Еще одна группа ролей, часто встречающихся при обучении основам программирования — это роли, связанные с различными случаями генерации последовательности данных (разворачивание [7]). Примерами являются чтение чисел с консоли или из файла, последовательное получение цифр числа, проход по однонаправленному списку и т.д.

Например, обучающийся может написать:

```
int d; // Цифра числа n
```

В этом случае система предложит ему при автодополнении операторы

```
d = n % 10;
```

```
d /= 10;
```

Как пример более узкоспециализированной роли приведем нередко встречающийся в учебных программах младших курсов вид переменных, содержащих предыдущее значение какой-то другой переменной. Часто

используют для имен таких переменных специальный префикс. Например, можно предположить, что переменная `prevSize` содержит предыдущее значение переменной `size`. Для такой роли единственный предполагаемый способ изменения значения переменной — это оператор `prevSize = size;`. Причем, как правило, он выполняется непосредственно перед изменением переменной `size`.

И наконец, в качестве последнего примера, приведем ситуацию, когда мы фактически описываем составное значение из некоторой предметной области. Например:

```
double x, y;          // Координаты точки
```

С ролью «координаты точки» преподаватель может связать некоторое количество нужных студентам формул (вычисление расстояния между точками, угла наклона отрезка и т.д.) В этом случае система может предложить при автозаполнении типичные формулы данной предметной области. В какой-то степени это облегчит программирование студентом, но в данном случае не это является главной задачей. Более важно, видимо, что это мотивирует студентов добавлять комментарии. Для таких ролей предназначен описанная выше опция «не ограничивающий набор операций». Поскольку в данном случае операции — это просто набор полезных вспомогательных формул, то предупреждения об использовании операции не из набора не выдаются.

Рассмотрим возможности расширения системы путем внесения в нее новых правил. Как преподаватель, так и сами учащиеся имеют возможность расширить набор комментариев и стандартных имен, которые понимает система. Для этого существует возможность задания нестандартных ролей переменных. Перечислим некоторые их отличительные особенности:

- для словосочетаний, которые можно использовать в комментариях, рекомендуется использовать имена, начинающиеся на символ # (по аналогии с так называемыми 'хештегами', хорошо известными и привычными пользователям социальных сетей [8]). Такое соглашение позволяет избежать возможной неоднозначности. В то же время, это позволит обучающимся использовать для аннотации переменных привычную им систему обозначений.
- Пользователи могут обмениваться такими определенными именами ролями, образуя своего рода социальную сеть среды разработки.

Еще одной возможной областью применения системы `EasyAssist` является ее использование при освоении студентами программирования в специализированных предметных областях. В качестве примера такого использования рассмотрим возможность применения предложенной технологии для обучения программированию в предметной области обработки разреженных матриц [9]

Программирование задач обработки разреженных матриц обладает рядом особенностей, которые делают его во многом не похожим на

программирование в других предметных областях. В задачах такого типа предъявляются очень высокие требования к быстродействию. Как следствие, программы пишутся обычно на сравнительно низком уровне, без использования классов и требуют написания значительного количества повторяющихся стандартных фрагментов кода для обхода разреженных матриц, выполнения типичных операций, таких, как обход матриц по строкам, использование так называемых разреженных накопителей [10] и т.д.

При использовании системы EasyAssist, пользователь может снабдить переменными нужными ему комментариями (например, «строка матрицы» или «разреженный накопитель», и, в результате, значительно упростить добавление стандартных фрагментов кода.

Система EasyAssist реализуется, как расширение среды разработки Visual Studio [10].

Литература

1. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс / Пер. с англ. — М.: Издательство «Русская редакция», 2010. — 896 с.
2. Бек К. Экстремальное программирование / Пер. с англ. — СПб.: Издательство «Питер», 2002. — 224 / Пер. с англ. — М.: Издательство «Русская редакция», 2010. — 896 с.
3. Knuth D. Literate programming // Computer Journal. 1984, 27 (2), P. 97–111.
4. Албахари Д., Албахари Б. C# 5.0. Справочник. Полное описание языка / Пер. с англ. — М.: Издательство «Вильямс», 2013. — 1008 с.
5. Omar C., Yoon Y., LaToza T., Myers B. Active Code Completion // Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering ICSE 12. — 2012. — P. 859–869.
6. Sorva J., Karavirta V., Korhonen A. Roles of Variables in Teaching // Journal of Information Technology Education. 2007, 7 P. 407–423.
7. Meijer E., Fokkinga M., Paterson R. Functional Programming with Bananas, Lenses, Envelopes and Barbed Wire. // Proceedings of the 5th ACM conference on Functional programming languages and computer architecture, 1991 — P. 124–144.
8. Wei Feng Jianyong Wang Learning to Annotate Tweets with Crowd Wisdom WWW 2013 Companion, May 13–17, 2013, Rio de Janeiro, Brazil URL: <http://www2013.org/companion/p57.pdf>
9. Симуни М.Л. Проект системы рефакторинга, ориентированной на программы обработки разреженных матриц. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2010, 2. — С. 122–128.
10. Gilbert J. R., Moler C., Schreiber R. Sparse Matrices in MATLAB: Design and Implementation. // SIAM J. Matrix Anal. Appl. 1991, 13. P. 333–356.
11. ReSharper Plugin Development. URL: <http://confluence.jetbrains.com/display/NETCOM/ReSharper+8+Plugin+Development>.

Ермилова А.В.¹, Рублев В.С.²

¹ Ярославский государственный университет им П.Г. Демидова, г. Ярославль, магистр факультета Информатики и вычислительной техники, undead@neofusion.ru

² Ярославский государственный университет им П.Г. Демидова, г. Ярославль, к.ф.-м.н., профессор кафедры теоретической информатики

Проблемы развития математического мышления учащихся на примере обучающей системы «Алгоритмы и анализ сложности»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Обучающая система, алгоритмы, анализ сложности, адаптивное обучение, дистанционное обучение, трудоемкость, вычислительная сложность, оценки формул, преобразование формул.

АННОТАЦИЯ

В статье рассказывается о применении методики адаптивного обучения и дистанционного обучения к университетскому курсу «Алгоритмы и анализ сложности» и возникающих при этом проблемах. Обсуждается актуальность построения обучающей системы, основные принципы проектирования, цели и алгоритм проверки итогового задания с помощью интерактивного анализа формульных преобразований.

Введение

Направление «Алгоритмы и анализ сложности» теории алгоритмов является одним из фундаментальных разделов теоретической информатики. Само понятие трудоемкости, анализа алгоритмов неразрывно с построением программных систем.

В программу ИТ-специальностей входит курс «Алгоритмы и анализ сложности», который обладает своей спецификой, обусловленной особенностями области знаний. Помимо обучения на занятиях совместно с преподавателем, студенту необходимо проводить самостоятельную работу, решать индивидуальные задания и делать работу над ошибками, поэтому постепенно стал возникать вопрос о поиске нестандартного подхода к организации учебного процесса. Одним из таких решений может стать создание некоего программного комплекса, позволяющего управлять индивидуальной работой каждого из студентов, — создание компьютерной обучающей системы.

В настоящий момент тема дистанционного обучения пользуется большой популярностью, поскольку, несмотря на наш привычный ритм жизни, мы можем уделять небольшое количество времени

самостоятельному изучению дисциплин, порой не связанных с нашей профессиональной деятельностью. Обучение на расстоянии — это альтернативный способ обучения, не требующий непосредственного контакта с преподавателем. Одним из достоинств такого метода является возможность заниматься в удобное время и в практически любом месте.

Адаптивность обучения

В рамках университетских курсов также используются различные системы организации работы с учащимися — системы управления обучением, системы дистанционного обучения и многие другие. В помощь преподавателю — но ни в коем случае не заменяя его полностью — может стать подобная система, написанная под конкретную дисциплину.

Отметим, что все методологии построения обучающих систем должны быть обязательно рассмотрены в рамках конкретной дисциплины и применены непосредственно к ней для достижения лучших результатов, несмотря на то, что подобные подходы позиционируются как универсальные. В центре внимания данной работы находится в первую очередь предметная область — курс алгоритмов и анализа сложности, а потом уже теория обучающих систем.

Известно большое количество программных систем, называемых обучающими (MOODLE, Claroline, Dokeos, ATutor), но большинство из них не поддерживают полный цикл обучения (методики) — это всего лишь приложения, предоставляющие доступ к текстам, выдающие и проверяющие задания. Обучение же в данном случае должно состоять в поиске гибкого подхода к обучаемому, использование различных методик изменения поведения системы по отношению к конкретному пользователю в процессе работы с ней.

Для решения этой задачи выглядит перспективным использование подхода адаптивных обучающих систем, основная цель которых — адаптироваться к каждому студенту, и это определение легло в основу системы и стало теоретической базой обоснования темы.

Адаптивные технологии обучения появились сравнительно недавно, но завоевали популярность среди разработчиков обучающих систем. В основе адаптивного обучения лежат следующие методологии:

- построение последовательности курса обучения;
- интеллектуальный анализ решений;
- интерактивная поддержка в решении задач;
- поддержка в решении задач на примерах;
- адаптивная поддержка в навигации;
- адаптивное представление;
- адаптивная поддержка сотрудничества.

Все они, так или иначе, рассказывают о гибкости системы по отношению к пользователю и представлении материала для изучения в том или ином виде.

Обучение может быть сведено к совокупности трех составляющих: информации, необходимой для изучения, неким контрольным мероприятием, позволяющим проверять знания по данным материалам, и способу оценки уровня полученных знаний — важному и самому сложному механизму, делающему систему именно обучающей. Исходя из этих соображений, возникают соответствующие вопросы: как провести разбиение, как вести контроль и насколько гибкой будет система по отношению к пользователю.

Методология адаптивного обучения отлично ложится на следующие постулаты о процессе обучения:

- любой сложный для понимания материал может быть разбит на последовательность таких малых порций, что каждая порция после освоения предыдущих может быть понята;
- для любой порции изучаемого материала может быть разработано некоторое (конечное) количество контрольных тестов, упражнений, задач, при выполнении которых можно гарантировать усвоение материала этой порции.

Целью работы является построение системы по курсу «Алгоритмы и анализ сложности», способной научить студента базовым навыкам анализа алгоритмов и оценки их трудоемкости.

Проблемы компьютерного обучения математическим оценкам сложности алгоритмов

Часть курса «Алгоритмы и анализ сложности», связанную с определением вычислительной сложности алгоритма, можно разбить на некоторое количество разделов. Каждый раздел (секция) представляет собой набор материала для изучения и серии контрольных упражнений и тестов, которую пользователю необходимо выполнить после прочтения материала. Работа с системой происходит поэтапно: каждая секция, кроме первой, доступна только при успешном прохождении всех предыдущих (линейная схема обучения).

В результате выполнения заданий будет формироваться рейтинг прохождения секции студентом — количество верно выполненных заданий, количество ошибок и общее число тестов, пройденных в секции, — который определяет механизм «открытия» следующей секции.

Весь материал для обучения можно разделить на две большие категории. В первую категорию входят секции, дающие основные теоретические знания, понятия по определению алгоритма, вычислительной сложности и асимптотическим оценкам трудоемкости, основная цель которых — развитие и тренировка памяти обучаемого, использование навыков запоминания.

Контрольные задания в данном случае могут быть трех типов: тесты-определения, вопросы-тесты с выбором ответов и вопросы с открытым ответом. Задачи с открытым ответом подразумевают ввод в

соответствующее поле числового или символьного выражения, а упражнение с выбором ответов формируется как совокупность вопроса и списка вариантов ответа из всех возможных вариантов для данной секции и темы задания, исходя из следующих соображений: список всех вариантов ответа достаточно велик, варианты выбираются случайным образом из конечного набора — вероятность повторения задания ничтожно мала. Правильных ответов может быть несколько, а может не быть вовсе.

В случаях, когда требуется научить неформальному использованию математического аппарата, возникают не только технические трудности, связанные с набором формул и их преобразованием, но и трудности с недостаточным уровнем логического мышления учащегося, который должен достигнуть цели, конструируя последовательность преобразований, ведущих к ней. Исходя из этих соображений, определяется вторая категория секций, связанная с математическими методами оценки сложности алгоритма и направленная на развитие логико-математического мышления.

Таким образом, в обучающую систему нужно, во-первых, ввести некоторое количество секций, связанных с обучением определенным математическим приемам и контролем усвоения этого материала, который не может быть основан только на тестировании, но должен проверять умение использовать подобные приемы. Во-вторых, необходимо научить связыванию отдельных приемов в целенаправленный процесс путем конструирования последовательности изученных приемов. В-третьих, проконтролировать связывание многих процессов при решении итоговой задачи по оценке вычислительной сложности алгоритма.

Постановка задачи по оценке вычислительной сложности алгоритма

Перед секцией с итоговым заданием, являющимся составной совокупностью более простых задач, должна находиться последовательность секций, обучающих необходимым символьным преобразованиям:

- при символьной прокрутке алгоритма с преобразованием выражений, определяющих изменение данных алгоритма;
- при конструировании по символьной прокрутке неравенств для параметра отдельного цикла, которые и определяют вычислительную сложность этого цикла;
- при символьном преобразовании равенств и неравенств;
- при суммировании последовательностей коэффициентов в символьных выражениях и выводе формулы суммы для случаев, когда это не геометрическая или арифметическая последовательность;
- при обосновании полученных формул методом математической индукции;

- при оценке итоговой сложности алгоритма по сложности отдельных циклов или по суммарным оценкам изменения параметров сложности алгоритма.

Сложной задачей при этом является, во-первых, контроль над правильностью преобразований, так как в общем случае для этого требуется построение сложной интеллектуальной системы преобразования. Во-вторых, это сложность получения цели и контроля этого при многообразии возможностей преобразований. Поэтому мы ограничим формульные преобразования равенств и неравенств некоторой системой нормальных преобразований.

1. Раскрытие скобок — только в одном месте формулы может быть раскрыта одна пара скобок; при этом порядок членов не должен изменяться.
2. Группирование — заключение в скобки некоторой части формулы (вся часть находится в одном месте формулы) с вынесением за скобки общего члена в скобках; при этом порядок членов не должен изменяться.
3. Перестановка членов в формуле — замена местами двух членов только в одном месте формулы, где такая перестановка допустима.
4. Перенос в неравенстве — только последнего члена левой части неравенства в правую часть перед первым членом этой части, либо наоборот.
5. Символьные вычисления — только одно или несколько допустимых арифметических операций одного типа (сложение, умножение, вычитание, деление).

Система нормальных преобразований определяет элементарные операции над формулами, но требует формализации некоторых моментов: определить приоритет операций над формулами, осуществлять перенос только одного слагаемого за одно преобразование, считать составную формулу формулой, каким образом заменять один член формулы на другой и т.п.

На каждом шаге символьных преобразований допускается только одно из системы нормальных преобразований, что позволяет интерактивно проводить проверку решения задачи студентом — пользователь, выбирая одно из допустимых, перечисленных в системе преобразований (меню действий над формулами), вносит результаты частично выполненного задания. Ошибки, таким образом, обнаруживаются и исправляются обучающей системой на самом раннем этапе возникновения.

Модуль анализатора преобразования символьных формул является интерпретацией решения более общей задачи автоматизации проверки выводимости одной символьной формулы из другой и определения возможности (или невозможности) тождественного преобразования одной формулы в другую.

Для контроля правильности нормальных преобразований тесты не совсем годятся. Мы вводим контроль с помощью упражнений, которые являются тестами с открытым символьным ответом и годятся для проверки одного шага символьного преобразования. Это возможно только при начальном обучении символьным преобразованиям. В секциях, которые требуют нескольких шагов символьных преобразований (это мы называем задачей) мы, во-первых, контролируем правильность каждого шага, а во-вторых, обучаем алгоритму достижения цели теста. Такое последовательное обучение готовит учащегося к выполнению задания итоговой секции. В этой секции весь процесс вывода формулы сложности алгоритма задается выбором учащимся отдельных этапов этого вывода, которым он обучился в предыдущих секциях, и выполнением символьных преобразований этого этапа.

Итоговое задание обучающей системы

После чтения секции итогового задания пользователю предоставляется возможность пройти итоговое задание. Финальное испытание позволит определить уровень знаний студента.

Обязательные темы итогового задания:

- Оценивание трудоемкости зависимых и независимых циклов;
- Оценка формул, содержащих дроби и целые части от дробей;
- Оценка целочисленных сумм с помощью интегрирования и метода неопределенных коэффициентов.

Итоговое задание выдается при решении системы о готовности к нему — на протяжении всего обучения приложение накапливает информацию о пользователе, рейтинги его прохождений и последовательно выдает ему секции для изучения, подводя к финальному испытанию. Для того чтобы быть допущенным, студент должен успешно пройти все секции. Успешность определяется рейтингом прохождения — он должен быть не ниже определенного порога.

Как правило, итоговым заданием является задание, связанное с определением трудоемкости алгоритма на языке C/C++, которое звучит следующим образом: «Оцените трудоемкость следующей процедуры на языке C/C++», и приводится код.

В процессе решения задания студенту рекомендуется строить таблицу формульной прокрутки для более наглядного анализа количества итераций циклов, значений переменных и т.д. Чаще всего количество шагов цикла (или самого алгоритма) определяется через сумму или числовой ряд. Не всегда значение этой суммы имеет простой и общеизвестный вид, такой как сумма арифметической прогрессии. Для самостоятельного вывода или проверки формул удобно использовать метод неопределенных коэффициентов, основанный на интегрировании. Здесь же решаются системы линейных уравнений, проводятся оценки целочисленных сумм сверху и снизу, упрощения формул, содержащих дроби и т.д. После всех этих

действий студент должен получить окончательный ответ в виде функции трудоемкости, зависящей от параметра задачи

Планируется запрограммировать отдельный модуль, проверяющий итоговое задание поэтапно. Поскольку для разных алгоритмов и процедур вполне могут быть совершенно разные методы оценки (для одного — одни, для второго — другие), то полностью автоматизировать этот процесс не удастся. Однако, согласно общим принципам анализа, можно выделить следующие пункты, которые можно считать неким «планом оценивания» и использовать для любого алгоритма или процедуры.

1. Анализ количества циклов, их зависимости.
2. Выявление переменных, от которых зависит количества повторений циклов.
3. Анализ переменных и изменения их значений.
4. Построение таблицы формульной прокрутки.
5. Оценка значений переменных.
6. Оценка числа итерации циклов.
7. Анализ и оценка общей трудоемкости процедуры.

В связи с этим намечено дальнейшее направление разработки системы — организация поэтапной проверки итогового задания совместно с контролем над выводом формул и их преобразованием как реализация принципа интерактивной поддержке при решении задач.

Выбор технологии реализации обучающей системы

В процессе построения теоретической модели обучающей системы были выявлены следующие пожелания и требования: во-первых, система не должна быть привязана к конкретной технологии или к конкретной машине, потому выбор был сделан в пользу кроссплатформенных приложений, а именно приложений с веб-интерфейсом; во-вторых, пользовательская информация (рейтинг прохождения секций, список доступных секций и т.д.) и секции с заданиями представляют собой сложно организованный набор данных, для которых работа с реляционными БД будет довольно запутанной, поэтому возникла необходимость рассматривать нетрадиционные NoSQL подходы.

Практическим результатом работы является обучающая система, реализованная на языке Java как веб-приложение с использованием документно-ориентированной СУБД MongoDB для хранения материалов секций, набора контрольных упражнений, сопоставления верных/неверных ответов и генерации возможных режимов системы для реализации принципа гибкости.

Версию многопользовательской обучающей системы с набором из шестнадцати секций по основным разделам курса «Алгоритмы и анализ сложности» в дальнейшем можно использовать как инструмент для тестирования, проведения тренировок и закрепления (повторения) изученного материала в процессе обучения университетского курса «Алгоритмы и анализ сложности».

Литература

1. Ермилова А.В. Компьютерная обучающая система по курсу "Алгоритмы и анализ сложности"// Шестьдесят седьмая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 23 апреля 2014 г., Ярославль. Ч. 2 : тез. докл. -- Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2014. -- С.288
2. Ермилова А.В. Компьютерная обучающая система по курсу "Алгоритмы и анализ сложности"// Заметки по информатике и математике: сборник науч. статей // отв. ред. А. Н. Морозов; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. -- Ярославль: ЯрГУ, 2013 — Вып. 5. -- С.35-43
3. Ермилова А.В., Рублев В.С. Компьютерная обучающая система по курсу "Алгоритмы и анализ сложности"// Преподавание информационных технологий в Российской Федерации, Материалы Двенадцатой открытой Всероссийской конференции 15-16 мая 2014 года -- Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2014. -- С.240-242
4. Рублев В.С., Ермилова А.В. Проблемы обучения дисциплине "Алгоритмы и анализ сложности" студентов специальности "Фундаментальная информатика и информационные технологии"// Преподавание информационных технологий в Российской Федерации, Материалы Одиннадцатой Всероссийской конференции 16-17 мая 2013 года -- Воронеж: ВГУ, 2013. -- С.74-75
5. Рублев В.С. Проблемы обучения в настоящий период // Преподавание математики и компьютерных наук в классическом университете: материалы 4-й научно-методической конференции преподавателей математического факультета и факультета информатики и вычислительной техники Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова // Отв. ред. М. В. Невский; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль: ЯрГУ, 2011. 175с.

**СЕКЦИЯ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ
НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ
ПРИЛОЖЕНИЙ**

Намиот Д.Е.

факультет ВМК МГУ им. М.В.Ломоносова, старший научный сотрудник,
dnamiot@gmail.com

Доступ к локальным данным на основе информации о сетевой близости

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Мобильный сервис, модель, мобильный телефон, приложение.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы разработки мобильных сервисов с использованием беспроводных тегов. В работе рассматривается новая модель использования (применения) Core Bluetooth устройств. В этой модели Bluetooth устройства служат для определения контекстно-зависимых данных, доступных мобильным пользователям. Основным достижением этой модели является то, что она охватывает все этапы жизненного цикла мобильных сервисов — представление тега (тегов), привязку к ним информационного наполнения и создание прикладных приложений на основе имеющихся тегов. В качестве тегов могут выступать как мобильные телефоны, так и уже существующие устройства с поддержкой Bluetooth. Возможные области применения: приложения для торговых и сервисных организаций, навигация в помещениях, контекстно-зависимые приложения для Smart Cities.

Введение

Настоящая работа является развитием идей, ранее изложенных в статьях [1][2].

Под термином тег (RFID tag, NFC tag, Bluetooth tag и т.д.) здесь понимается некоторое аппаратное устройство, которое поддерживает определенный коммуникационный протокол (протоколы). Любая подобная система состоит из считывающего устройства и меток-передатчиков (транспондеров). В данной работе в качестве считывателей рассматриваются мобильные телефоны.

Применение у тегов может быть самое различное: идентификация, обмен данными и т.п. Одним из широко поддерживаемых коммуникационных стеков в таких устройствах является Bluetooth. Это связано с технологичностью производства таких устройств, с историей самого протокола, его достаточной проработанностью и т.д. До широкого распространения Wi-Fi, Bluetooth (приложения на базе Bluetooth), по сути, являлся основным способом для связи мобильных устройств.

Одним из примеров использования Bluetooth является технология

iBeacon, анонсированная компанией Apple в составе iOS 7. Этот подход основан на новом стандарте Bluetooth Low Energy (BLE) [3]. Стандарт BLE был специально разработан для использования в сенсорах, которые долгое время должны работать без замены батареи. iBeacon от Apple представляет собой как раз пример такого сенсора [4]. Идея использования состоит в том, что приложение (сервис) может определять наличие подобного рода тегов поблизости и, в зависимости от этого, выполнять какие-либо действия (получать какую либо информацию), исходя из предположения, что телефон (приемник), на котором работает данное приложение, находится поблизости от конкретных тегов. Каждый тег при этом, естественно, должен как-то идентифицироваться. И именно эта идентификация тегов и учитывается приложениями. Приложения, по сути, привязаны к некоторой группе тегов, и наоборот, группа тегов обслуживает конкретное приложение.

В настоящее время, Apple не является единственной компанией, которая производит подобные устройства [5]. Появился даже альтернативный стандарт AltBeacon [6]. Вместе с тем, BLE пока не получил широкого распространения, то есть, по крайней мере, не заменил и не вытеснил традиционные Bluetooth устройства. Поддержка Bluetooth уже давно существует практически во всех мобильных телефонах. В настоящей работе рассматривается программная модель, которая позволяет создавать Bluetooth теги непосредственно на мобильном телефоне. Основным достижением этой модели является то, что она охватывает весь жизненный цикл сервисов — создание тега (тегов), привязку к ним информационного наполнения, создание сервисов на основе имеющихся тегов, а также их эксплуатацию. Мобильного телефона с поддержкой Bluetooth должно быть достаточно как для использования сервиса, так и для его создания.

Представленные в данной работе результаты получены в рамках исследований, проводящихся в лаборатории ОИТ факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова [7].

O Bluetooth Data Points

Предложенный подход к использованию Bluetooth узлов в качестве тегов для активации мобильного контента основан на идеях использования сетевой близости, описанных ранее в проекте SpotEx. Идея состоит в создании связки между задаваемым (определяемым) пользователем контентом и идентификацией сетевых узлов [8].

В SpotEx пользователь (издатель) может связать некоторый контент (практически — произвольный фрагмент кода на HTML или просто ссылку на веб-ресурс) с доступными идентификаторами точек доступа Wi-Fi. Точки доступа могут быть как существующими и публично доступными, так и специально созданными в рамках данного проекта. В частности, они могут быть открыты (запущены) непосредственно на мобильном телефоне (телефонах). Именно последнее утверждение — специальное создание сетевых узлов для целей идентификации (адресации) контента и привело в

идее реализации аналога SpotEx на базе Bluetooth. Дело в том, что в отличие от Wi-Fi узлов, узлы (точки) Bluetooth можно создавать программно. Иными словами, приложение на базе мобильной ОС Android может запустить на мобильном телефоне Bluetooth узел. Именно этот факт и позволяет говорить о поддержке всего жизненного цикла — от создания сервиса, до его запуска и эксплуатации, на одном телефоне. Иными словами, мобильного телефона с поддержкой Bluetooth должно быть достаточно как для просмотра контента, так и для организации (создания) этого самого контента.

Привязка контента к сетевым узлам означает задание правил (предикатов) видимости. Например, если мобильный узел с именем Café виден в данный момент времени мобильному пользователю, то ему становится доступным (открывается, показывается) некоторый соответствующий этому факту контент. Правила активации (видимости) определяет непосредственно автор (владелец) контента. Для читателя (мобильного абонента) конечное приложение выглядит как браузер. Приложение оценивает доступные сетевые узлы, определяет сработавшие правила и предъявляет для просмотра соответствующий набор данных [9]. На практике это выглядит как формирование динамической веб-страницы, содержание которой формируется из отдельных фрагментов, соответствующих сработавшим правилам.

Отметим, что речь при этом не идет о присоединении к какому-либо сетевому узлу (точке доступа Wi-Fi, Bluetooth узлу). Собственно контент может располагаться где угодно в сети. Сетевой узел работает просто как триггер. Если мобильное приложение “видит” данный сетевой узел, то телефон (абонент) где-то поблизости. В этом основная идея. И “браузер” становится средством доступа именно к локальному контенту. Это принципиальное отличие от модели представления данных, построенной целиком на уведомлениях. В “браузере” просмотр данных инициируется мобильным абонентом, а не системой.

Для Bluetooth картина использования сетевой близости концептуально одинакова, но есть и важные технические различия. Они касаются расстояния, на котором можно обнаруживать Bluetooth точки (теги активации данных) — это, в целом, будет меньше, чем для Wi-Fi. Определение (поиск) Bluetooth узлов, находящихся в так называемом discoverable mode работает медленнее, чем поиск Wi-Fi узлов. С другой стороны, количество Bluetooth узлов, используемых в качестве точек привязки данных, будет (опять в среднем) больше, чем Wi-Fi узлов.

Практическая реализация

В целом, схема работы может быть проиллюстрирована на следующих рисунках. Все начинается с того, что один из пользователей — издатель, создает некоторый контент и связывает его с идентификацией своего телефона. Или использует какой-то существующий контент, ассоциируя его со своим мобильным устройством (рисунок 1).

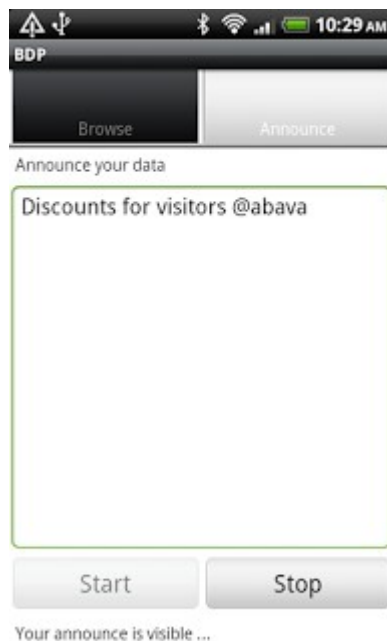


Рисунок 1. Издатель создает объявление

В качестве контента выступает, как было указано выше, некоторый веб-ресурс. Он или создается “на лету”, когда издатель указывает (набирает), например, некоторый текст, который он хотел бы сделать доступным для мобильных абонентов поблизости, либо переиспользуется в виде ссылки (URL) на некоторый существующий веб-сайт (веб-страницу).

После создания объявления (после указания на необходимость использования ранее созданного), издатель запуская Bluetooth node на своем телефоне (рисунок 2)



Рисунок 2. Публикация данных

Тем самым, опубликованные данные становятся доступны мобильным абонентам (читателям), которые используют ту же самую

программу, но уже только для чтения (просмотра) данных.

В режиме просмотра приложение определяет находящиеся поблизости сетевые узлы, ищет связанные с ними данные и отображает найденную информацию для пользователя:

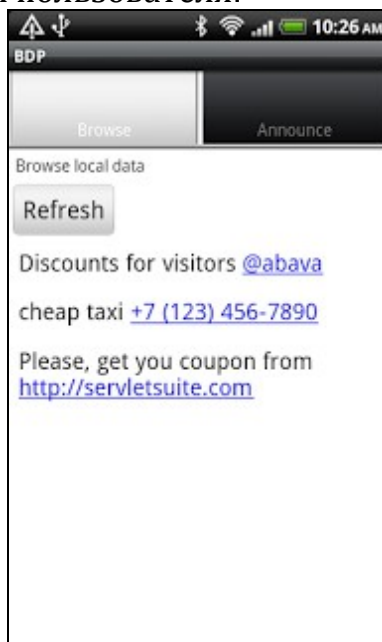


Рисунок 3. Просмотр локальных данных

Очевидно, что в такой схеме доступность какого-либо фрагмента данных зависит от доступности (“видимости”) в данный момент времени соответствующего сетевого узла.

Отметим, что подобного рода схема может быть использована и в M2M приложениях [10], когда вместо “браузера” будет использоваться некоторый программный API.

Заключение

В работе представлена модель персональных мобильных Bluetooth тегов: Bluetooth Data Points (BDP). Основным достижением этой модели является поддержка всех этапов жизненного цикла приложений (сервисов) на основе беспроводных тегов — создание вещателя (вещателей), привязка к ним информационного наполнения и создание сервисов на основе имеющихся тегов. Для создания и эксплуатации сервисов на основе такой модели достаточно одного смартфона.

Литература

1. Намиот Д.Е. Персональные Bluetooth теги //International Journal of Open Information Technologies. — 2014. — Т. 2. — №. 3. — С. 35-39.
2. Намиот Д.Е. Мобильные Bluetooth теги //International Journal of Open Information Technologies. — 2014. — Т. 2. — №. 5. — С. 17-23.
3. Gomez, Carles, Joaquim Oller, and Josep Paradells. "Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology." Sensors 12.9 (2012): 11734-11753.
4. Dilger D.E. Inside iOS 7: iBeacons enhance apps' location awareness via Bluetooth LE //ed: Apple Insider. — 2013.
5. Lerner, T. (2013). International Comparisons. In Mobile Payment (pp. 137-142). Springer Fachmedien Wiesbaden.

6. AltBeacon <http://altbeacon.org/>, Retrieved: Aug, 2014
7. Гурьев Д.Е., Намиот Д.Е., Шнепс М.А. О телекоммуникационных сервисах //International Journal of Open Information Technologies. — 2014. — Т. 2. — №. 4. — С. 13-17.
8. Namiot, D., & Sneps-Sneppe, M. (2012, May). Wi-Fi proximity as a Service. In SMART 2012, The First International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies (pp. 62-68)
9. Daradkeh, Y., Namiot, D., & Sneps-Sneppe, M. (2012). Spot Expert as Context-Aware Browsing. Journal of Wireless Networking and Communications, 2(3), 23-28.
10. Namiot, D., & Sneps-Sneppe, M. (2014). On M2M Software Platforms. International Journal of Open Information Technologies, 2(8), 29-33.

Павлова А.И.

Новосибирский государственный университет экономики и управления (НГУЭУ)
г.Новосибирск, к.т.н., доцент кафедры прикладных информационных технологий
pavlova_ann2014@mail.ru

Применение нейронной экспертной системы и ГИС для классификации эрозионных земель

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Геоинформационные системы, искусственные нейронные сети, эрозионные земли, агроэкологические группы земель.

АННОТАЦИЯ

В статье предложен методический подход классификации эрозионных земель, основанный на использовании нейронной экспертной системы, интегрированной с ГИС.

Современные задачи в области автоматизированной агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения связаны с обработкой больших объемов тематически ориентированной информации, а также со сложностью построения математической модели объекта исследования. При классификации различных таксономических единиц в системе агроэкологической оценки земель исследователь вынужден иметь дело с нечеткостью информации, поскольку доступные источники интерпретируются в большинстве случаев качественно и неопределенно. Поэтому выделение агроэкологических групп земель с помощью общепринятых количественных методов анализа данных представляется недостаточным.

В связи с этим исследования, связанные с развитием и использованием в прикладных целях гибридных интеллектуальных систем, являются актуальными. Особенность таких систем состоит в интеграции различных технологий обработки информации, представляющих собой синтез геоинформационных и экспертных систем, а также искусственных нейронных сетей [1-3]. Среди множества задач, решаемых с помощью искусственных нейронных сетей в различных областях человеческой деятельности, выделяют классификацию, прогнозирование, принятие решений, распознавание образов, ассоциативную память, снижение размерности данных и др. [4-8].

В настоящей работе предложен подход, основанный на использовании нейронной экспертной системы (НЭС), интегрированной с ГИС. Он реализован в задачах классификации эрозионных земель при региональном картографировании.

Исходными материалами служили: космические снимки Landsat-7

ETM+, топографическая карта М 1:100 000 (разработана Западно-Сибирским филиалом ФГУП "Госземкадастрсъемка" ВИСХАГИ); почвенная карта (М 1:600000), карта природно-сельскохозяйственного районирования (М 1:400 000), результаты научных исследований на территорию Омской области.

В работе предложен подход классификации эрозионных земель, который состоит из взаимосвязанных этапов:

1. Предварительная тематическая обработка космических снимков с выделением ландшафтных выделов (контуров) на исследуемой территории;
2. Формирование ГИС территории, путем интеграции различных материалов в виде растровых и векторных слоев;
3. Сбор и систематизация научных исследований для формирования шкал оценок степени развития эрозионных процессов;
4. Разработка картографической базы знаний (БЗ);
5. Интегрирование полученных знаний о территории и выполнение вычислительных экспериментов по обучению НЭС;
6. Использование обученной НЭС для классификации земель и отображение результатов;
7. Оформление электронных карт эрозионных земель с соответствующими базами данных.

Распознавание космических снимков осуществлялась методами визуального и автоматического дешифрирования с помощью программного комплекса ENVI. Это позволило составить карту ландшафтных контуров в векторном формате ГИС MapInfo (MapInfo Professional). Результаты дешифрирования позволили изучить структуру ландшафтов и почвенного покрова, определить масштабы сельскохозяйственного освоения территории.

В дальнейшем разработана ГИС-территории путем интегрирования данных через пространственную и атрибутивную составляющие в виде космической информации, топографической и тематических карт. В структуре ГИС выделены тематические слои с атрибутивными базами данных:

- карта элементарных операционно-территориальных единиц (ОТЕ);
- топографическая карта в виде тематических слоев с отражением сведений об административном делении области, населенных пунктах, объектах гидрографии и растительности и др.;
- почвенная карта;
- карта почвообразующих пород;
- карта эрозионного районирования;
- морфометрические карты рельефа в виде тематических слоев (уклонов, базисов эрозии, расчленения гидрографической и долинно-балочной сетью, озерно-западинными формами рельефа, экспозиции склонов) [9-10].

Для построения шкал оценок степени развития эрозионных процессов использованы литературные данные [11-13]. Дополнительно привлечены сведения морфометрического анализа рельефа, полученные автором в работах [9-10]. Это позволило сформировать БД шкал оценок по следующим показателям: угол наклона рельефа, горизонтальное расчленение рельефа, глубина базиса эрозии, расчленение западинными формами рельефа, длина и экспозиция склонов, почвообразующие породы, величина потенциального смыва почв (табл. 2).

Таблица 1

Фрагмент частных шкал оценок по степени проявления отдельных признаков для классификации эрозионных земель

Градации по горизонтальному расчленению рельефа, км/км ²	Степень расчленения территории линейными формами рельефа	Группа земель
0-0,3	нерасчлененные	
0,3-0,5	слаборасчлененные	слабозерозийные
0,5-1,0	среднерасчлененные	среднеэрозионные
1,0-1,5	сильнорасчлененные	сильноэрозионные
Более 1,5	очень сильнорасчлененные	очень сильноэрозионные
Градации по глубине местных базисов эрозии, м	Степень расчленения территории по базисам эрозии	
менее 5	нерасчлененные	не эрозионные
5-20	слаборасчлененные	слабозерозийные
20-40	среднерасчлененные	среднеэрозионные
40-50	глубокорасчлененные	сильноэрозионные
Более 50	очень глубокорасчлененные	очень сильноэрозионные

Тематические наборы показателей описаны в таблицах частных шкал оценок с ранжированием порогов ограничений. Данные таблицы включают знания экспертов и хранятся в БД Microsoft Access.

Этап разработки картографической БЗ для целей классификации формируется при использовании тематических слоев ГИС при их послойном наложении. Структура БЗ формируется согласно критериям классификации земель: угол наклона рельефа (K_1), горизонтальное расчленение рельефа (K_2), глубина базиса эрозии (K_3), расчленение западинными формами рельефа (K_4), длина (K_5) и экспозиция склонов (K_6), почвообразующие породы (K_7), величина потенциального смыва почв (K_8) (табл. 2).

В структуре БЗ определено поле, содержащее уникальный идентификатор (ID), указывающий номер операционно-территориальной

единицы (ОТЕ). Этот идентификатор задается автоматически и служит для отображения классификации на карте.

Таблица 2

Фрагмент базы знаний, используемой для обучения НЭС

ID	Горизонтальное расчленение (K_1), км/км ²	Ограничения для K_1	Глубина базисов эрозии (K_2), м	Ограничения для K_2	Угол наклона рельефа (K_3), градусы	Ограничения для K_3	Группа земель
4	0,67	0,3-0,5	5	5-10	0°49'	Менее 0,5	Слабо-эрозионные
11	0,93	0,5-1,0	15	10-20	2°45'	1,5-3	Средне-эрозионные
43	1,82	1,5-2,0	45	20-50	4°08'	1,5-3	Сильно-эрозионные
59	1,23	1,5-2,0	35	20-50	3°09'	1,5-3	Сильно-эрозионные

Пространственно-координатная привязка результатов обучения НЭС связана с операционно-территориальными единицами (ОТЕ), в качестве которых используют ячейки регулярной или нерегулярной сетки [14-16]. В работе территориальная привязка результатов обучения НЭС осуществлялась через геотопы, образующие в пространстве сеть нерегулярных контуров. По существу геотоп представляет собой элементарный участок земной поверхности, обладающий в достаточной мере неизменными характеристиками (уклон, подстилающие породы, экспозиция склонов) [17-18]. Поэтому с помощью инструментария ГИС выполнено разделение земной поверхности предварительно на генетические поверхности, а затем на элементарные участки, или геотопы.

В результате морфодинамического анализа на изучаемой территории установлены генетические типы поверхностей и соответствующие им элементы мезорельефа (табл.3).

Таблица 3

Генетический тип поверхности	Формы рельефа
Пойма реки Иртыш	Основные поверхности пойменных площадок
Первая надпойменная терраса	Основная поверхность террасовой площадки, западины, обширные депрессии, ложбины
Вторая надпойменная терраса	Основная поверхность террасовой площадки, западины
Третья надпойменная терраса	Основная поверхность террасовой

	площадки, западины, приречные склоны
Плоская водораздельная равнина	Обширные депрессии с озерами
Полого-увалистая равнина	Гривы и межгривные понижения

Для детализации генетических поверхностей на элементарные участки предварительно создана карта пластики рельефа путем установления точек нулевой плановой кривизны и соединения их изолинией — морфоизографой. Морфоизографы разделяют изучаемое пространство на две плоскости повышения (поточковые структуры) выпуклости и понижения (вогнутости). Эти структуры образуют систему естественных ареалов, динамических потоков [19-20]. При этом каждый такой поток имеет начальную точку (репеллер), а его концевые части всегда «устремлены» к самым низким точкам (или линиям) бассейна стока — аттракторам.

Использование метода пластики рельефа и морфометрических карт позволило более объективно выделить структурные линии рельефа для картографирования элементарных поверхностей. Пространственная структура геотопов образует инвариант геосистемы, относительно устойчивый каркас, определяющий пространственно-временной набор процессов, распределения и перераспределения важнейших потоков (тепла, влаги, минеральных и химических веществ).

Математическая постановка задачи классификации. Исходная информация об изучаемой территории, поступающая на входы нейронной экспертной системы представляется в виде двумерной матрицы R размерности $n \times m$, т.е. $R = \{x_{ij}\}$ ($i=1,2...n$, где n — число строк в БД или число ОТЕ; $j=1,2...m$, где m — количество полей БЗ, или количество тематических свойств).

Отдельная ОТЕ описывается в виде вектора данных по набору тематических свойств объектов, используемых при классификации: $K = \{K_j\}$, представляет собой множество критериев оценки состояния объекта исследования.

По каждому критерию K имеется шкала оценки с порогами ограничений, задаваемая экспертами, и считается определённым некоторое множество возможных оценок. Оценки упорядочены по убыванию характерности признака, которое определяется экспертами на этапе составления частных шкал оценок и отвечает целевому критерию задачи классификации.

Целевой критерий задачи классификации сводится к отнесению каждой ОТЕ к одному из заданных классов решений (C_1 — не эрозионные земли, C_2 — слабоэрозионные, C_3 — среднеэрозионные, C_4 — сильноэрозионные и C_5 — очень сильно эрозионные). Процесс обучения

многослойного перцептрона является итеративным для каждой группы эрозионных земель и реализован с помощью SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences).

По структуре, разработанная НЭС, реализует многослойный перцептрон с двумя скрытыми слоями. Каждый вектор входных данных используемых для обучения нейронной сети задавался следующим образом

$$K_m = \{K_j\} = (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_7, K_8), \quad (2)$$

где K_j — значение показателя из набора признаков, ранжированных по порогам ограничений.

Для обучения сети использовался алгоритм обратного распространения ошибки, как наиболее эффективный при обучении многослойного перцептрона. Использована также непрерывная униполярная сигмоидальная функции активации следующего вида:

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}, \quad (3)$$

где a — коэффициент, характеризующий крутизну сигмоидальной функции. Путем экспериментальных исследований данный коэффициент установлен равным 0,5.

В результате исследований составлены карты эрозионных земель, на рис.1 представлен фрагмент цифровой карты эрозионных земель южно-таежной лесной подзоны территории Омской области в междуречье рек Иртыш и Уй, расположенном на юго-восточном склоне Васюганского плато.



Рис. 1. Фрагмент карты агроэкологической группировки эрозионных земель (М 1:50 000)

В рельефе территории преобладают плоские и слабовыпуклые водораздельные равнины и увалы. Здесь преимущественно развиты глееподзолистые и болотные (болотные верховые и низинные торфяные, болотные низинные торфянисто- и торфянисто-глеевые, подстилаемые озерно-болотными отложениями), подзолистые и дерново-подзолистые

почвы.

Слабоэрозионные земли выделены на приречных склонах с незначительными углами наклона (до 2 градусов, при небольших базисах эрозии до 10-15 м, смыв почв составляет до 5 т/га в год).

Среднеэрозионные земли классифицированы как участки, прилегающие к средней части приречных склонов с углами наклона рельефа от 3 до 6 градусов, глубиной базисов эрозии до 30 м, потенциальным смывом почв от 10 до 15 т/га.

Сильноэрозионные земли выделяются в средней и нижних частях склонов. Земли характеризуются следующими показателями: значительно расчленены базисами эрозии (от 30 до 50 м), углы наклона рельефа (от 5 до 7 градусов), смыв почв может достигать до 20 т/га.

Очень сильноэрозионные встречаются преимущественно по нижним частям склонов. Углы наклона рельефа могут превышать 9 градусов, базисы эрозии составляют более 50 метров, смыв почв более 20 т/га.

Таким образом, в результате исследований разработан подход для задачи классификации эрозионных земель. Особенность подхода состоит в интегрированном использовании ГИС и НЭС. Процесс агроэкологической группировки земель по существу является итерационным и сводится к необходимости выделения ОТЕ, разработке частных шкал оценок, формирование базы знаний для обучения НЭС, обучение сети и отображение результатов на карте. Сведения, получаемые в результате классификации эрозионных земель, могут быть использованы для создания региональных нормативов эрозионных земель и дополнены сведениями о структуре почвенного покрова, качественной оценкой земель.

Литература

1. Гаврилов А.В. Гибридные интеллектуальные системы. — Новосибирск: НГТУ, 2003. — 163 с.
2. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: теория и технология разработки. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. — 710 с.
3. Гибридные нейросетевые методы моделирования сложных объектов / А. А. Усков [и др.]. Смоленск: Смоленский филиал Российского ун-та кооперации, 2011. — 131 с.
4. Круглов В.В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети. — М.: Физматлит, 2001. — 221 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс: пер. с англ. — 2-е изд. — М.: ИД Вильямс, 2006. — 1103с.
6. Комарцова Л.Г. Использование нейросетевых методов для решения задач проектирования вычислительных систем. — М.: МГТУ, 2000. — 70 с.
7. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 175 с.
8. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. — М.: ИД Вильямс, 2003. — 287 с.
9. Application of Automated Geomage analysis methods for Agro-Ecological Assessment of Lands / Kalichkin V.K., Pavlova A.I. // Bulg. Journ. of Agric. Sci. — 2011. — V.17. — № 5. — PP. 649-654.
10. Павлова А.И. Морфометрический анализ рельефа с помощью ГИС // Интерэкспо Гео-Сибирь -2013 IX междунар. науч. Конгресс (16-26 апреля 2013 г., Новосибирск). Сб. матер в 4 т. Т.4. — Новосибирск: СГГА, 2013. — С. 166-170.
11. Рейнгард Я.Р. Деградация почв экосистем юга Западной Сибири. — Омск, ОмГАУ, Лодзь

- [Польша], 2009. — 634 с.
12. Рейнгард Я.Р. Эрозия почв и изменение почвенного покрова Омской области. — Омск: Вариант, 2011. — 205 с.
 13. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. — М.: МГУ, 1993. — 200 с.
 14. Кирпичева Е.Ю., Кузнецов В.В. Методика геолого-прогнозного моделирования // Геоинформатика. — 2006. — № 2. — С. 58-61.
 15. Кирпичева Е.Ю. Решение геолого-прогнозных задач на основе базы экспертных знаний о поисковых признаках эталонных объектов // Sanse.ru: электрон. журнал «Системный анализ в науке и образовании». 2009. Вып. 4. URL: <http://www.sanse.ru> (дата обращения: 15.01.2014 г.)
 16. Тикунов В.С. Классификация в географии: ренессанс или увядание? (опыт формализованных классификаций). — М.-Смоленск: Смоленский ун-т, 1997. — 367 с.
 17. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ.- Л.: Недра, 1987. — 256 с.
 18. Ласточкин А.Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле: (Геотопология, структур. география и общ. теория геосистем). — СПб. : СПбГУ, 2002. — 762 с.
 19. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. — М.: Наука, 2006. — 230 с.
 20. Степанов И.Н. Потоки карт пластики рельефа — формализованные экологические системы // Материалы конференции «Математическое моделирование в экологии» ЭкоМатМод-2009, г. Пущино, Россия.- С.262-263.

Актаева А.У.¹, Илипбаева Л.Б.²

¹ Казахский государственный университет им.Аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан, aakhtaewa@bk.ru

² Алматинский Университет энергетики и связи, г.Алматы, Казахстан, ilazzat0110@mail.ru

Инновационные технологии в системе информационной безопасности: квантовые технологии

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Квантовые технологии, квантовый канал связи, классический канал связи, протокол BB4, протокол B92, квантовая физика, фотон.

АННОТАЦИЯ

В статье акцентируется внимание на проблематике применения инновационных технологий в системе информационной безопасности. Рассматривается решение проблем при создании практических криптосистем, основанных на квантовом распространении ключа. Предлагаются рекомендации по адаптации данного инновационного курса обучения к системе образования.

По данным «Отчёта об угрозах безопасности в Интернете за 2014 год» компании Symantec количество направленных атак на персональные данные возросло за прошлый год на 91%, и более 550 миллионов человек стали их жертвами [2]. Для пользователей становится всё более важным вопрос защиты себя в этом очень сложном и пронизанном технологиями мире, вне зависимости от используемых ими устройств.

В последние годы весьма актуальной и востребованной стала проблема применения квантовых технологий в области обеспечения системы информационной безопасности и защиты информации. Причиной этому стали научные открытия и технологические достижения, сделавшие принципиально возможным решение целых классов сложнейших вычислительных технологий, имеющих стратегическое значение и прямое отношение к критически важным технологиям, таким как криптографические и др.[6].

Попыткой поиска ответов на квантовые вызовы в области обеспечения системы информационной безопасности и защиты информации является квантовая криптография. Основные усилия в этой области сосредоточены на задачах синтеза стойких к возможностям квантовых компьютеров криптографических алгоритмов и протоколов (см. рис.1).

Как показывают исследования ученых в области информационной

безопасности и защиты информации, почти все публикации посвящены криптосистемам с открытым ключом и схемам электронной подписи. Появление и достаточно быстрое расширение области исследований, объединенных понятием «квантовая криптография», свидетельствует о серьезном отношении криптографического мира к проблемам, которые влечет за собой реализация квантовых алгоритмов и протоколов, и делает целесообразным продолжение исследований как по вопросам криптоанализа и криптосинтеза [6].



Рис. 1. Четыре основные направления исследований в СИБ [6]

Таким образом, квантовая криптография в настоящее время активно расширяется и развивается во взаимодействии со смежными направлениями науки и техники.

В соответствии с данными протокола квантового распространения ключа BB84 носителями информации являются фотоны, поляризованные под углами 0, 45, 90, 135°. В соответствии с законами квантовой физики, с помощью измерения можно различить лишь два ортогональных состояния:

- если известно, что фотон поляризован либо вертикально, либо горизонтально;
- поляризация под углами 45 и 135°.

Однако с достоверностью отличить вертикально поляризованный фотон от фотона, поляризованного под углом 45°, невозможно.

При попытке измерения фотона, поляризованного под углом 45°, с помощью прямоугольного поляризатора с одинаковой вероятностью могут быть получены результаты 0 и 1. Эти особенности поведения квантовых объектов легли в основу протокола квантового распространения ключа [3].

Например, реализация шифрования по протоколу BB84:

- прямоугольный анализатор — «+»;
- диагональный анализатор — «×»;
- вертикальная поляризация — «|» кодирует 0;
- горизонтальная поляризация — «—» кодирует 1;

- поляризация под углом 45° — «/» кодирует 0;
- поляризация под углом 135° — «\» кодирует 1 [3].

Протокол B92 также может использоваться для распределения ключей. В отличие от BB4, где получатель может при получении с вероятностью 0,75 получить состояние каждого фотона, в этом протоколе получатель с вероятностью близкой к 1 может получить состояние 25 % фотонов. Для представления нулей и единиц в протоколе B92 используются фотоны, поляризованные в двух различных направлениях. Угол между направлениями поляризации этих фильтров равен 45° . Например, 0 и 45° . Получатель использует фильтры с углами 90° и 135° для приема фотонов. Если различие в поляризации фотона и фильтра составляет 90° , фотон не проходит через фильтр. При различии в поляризации, составляющем 45° вероятность прохождения фотона через фильтр составляет 0,5. Отправитель передает информацию через два фильтра с ориентацией на 0 и 45° , представляющие нули и единицы.

Таблица 1. Передача ключа по протоколу BB84

0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0
1		—	\	\		—		/	—	\	\	/	—	/	\		—	\	/
2	+	x	+	x	+	x	+	+	x	x	x	+	x	x	+	x	+	x	x
3	0	?	1	1	0	?	0	1	0	?	1	0	?	0	0	?	1	?	0
4	+		+	x	+		+	+	x		x	+		x	+		+		x
5	√		-	√	√		√	-	-		√	-		√	-		√		√
6				1			0							0					
7				√			√							√					
8	0				0						1						1		0

Направление поляризации выбирается случайно. Получатель может применять фильтры с ориентацией 90° и 135° . Отправитель посылает получателю последовательность случайно сориентированных фотонов. Для определения поляризации получатель пропускает фотоны, через один из двух фильтров. Если, через один из фильтров (например, 135°) фотон не проходит. И Получатель не знает, что послано ему: 1, соответствующая фотону, который не проходит, или 0, соответствующий фотону, который не проходит с вероятностью 0.5. Если же фотон проходит через фильтр, Получатель уверен, что принят фотон, соответствующий 0. Если положение поляризатора позволяет однозначно определить поляризацию фотона, очередной бит ключа кодируется 0 или 1 в соответствии с примененным фильтром. Получатель по открытому каналу связи сообщает Отправителю номера битов, которые он принял удачно [3].

Явление квантовой телепортации — предмет рассмотрения сравнительно молодой науки квантовой теории информации. Квантовая телепортация — передача неизвестного квантового состояния на расстояние при помощи разделенной в пространстве и поделенной между

двумя корреспондентами ЭПР-пары и классического канала связи (см.рис.2).

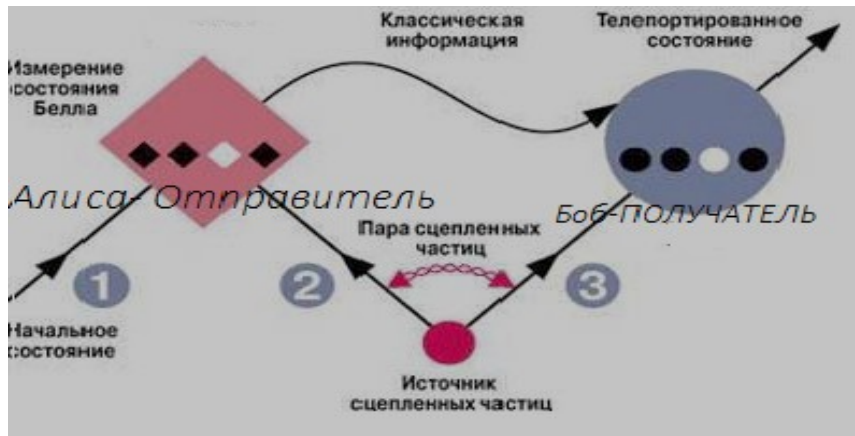


Рис. 2. Классическая схема квантовой телепортации [7]

Квантовая телепортация, в отличие от плотного кодирования, происходит при отсутствии квантового канала связи, т.е. без передачи кубитов (см.рис.3).

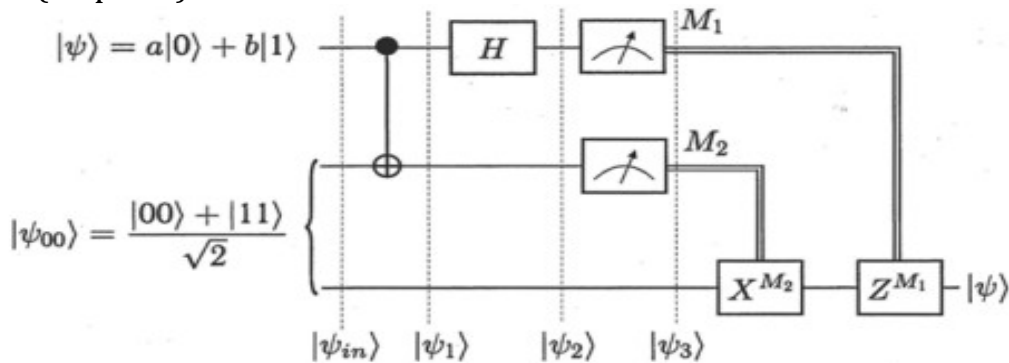


Рис.3. Квантовая схема телепортации неизвестного состояния $|\Psi\rangle$ кубита [4]

Задача квантовой телепортации состоит в следующем: У Отправителя есть кубит, находящийся в произвольном квантовом состоянии $|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$, где коэффициенты a и b неизвестны, но выполнено условие $(|a|^2 + |b|^2 = 1)$

Отправитель хочет передать Получателю это квантовое состояние, то есть сделать так, чтобы у Получателя оказался в распоряжении кубит в том же самом состоянии $|\psi\rangle$. Получатель находится от Отправителя на расстоянии, ограниченном лишь возможностью установления между ними классического канала связи (телефона, интернета и др.). Отправитель не знает, в каком состоянии $|\psi\rangle$ находится кубит и может посылать Получателю только классическую информацию [4].

При квантовой телепортации кубита предполагается, что генератор перепутанных состояний создал перепутанное двухкубитовое состояние $|\psi\rangle = (|00\rangle + |11\rangle) / \sqrt{2}$ и передал первый кубит Отправителю, а второй

кубит Получателю. Состояние трехкубитовой системы в начальный момент имеет вид

$$|\psi_{in}\rangle = |\psi\rangle \otimes |\psi_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(a|0\rangle + b|1\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}(a|0\rangle \otimes (|00\rangle + |11\rangle) + b|1\rangle \otimes (|00\rangle + |11\rangle)).$$

Отправитель действует на свои два кубита оператором CNOT, используя первый кубит как контрольный, переводя трехкубитовую систему в состояние $|\psi_1\rangle$:

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(a|0\rangle \otimes (|00\rangle + |11\rangle) + b|1\rangle \otimes (|10\rangle + |01\rangle)).$$

После этого она применяет к первому кубиту оператор Адамара, в результате чего система переходит в состояние $|\psi_2\rangle$:

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{2}[a(|0\rangle + |1\rangle) \otimes (|00\rangle + |11\rangle) + b(|0\rangle - |1\rangle) \otimes (|10\rangle + |01\rangle)].$$

Таким образом, телепортация представляет собой идеальный способ передачи любой информации.

Но здесь отсутствует квантовый канал связи, ЭПР-пара никакой информации не несет, по каналу связи передается только классическая информация, недостаточная для воспроизведения передаваемого сообщения. При создании практических криптосистем, основанных на квантах, приходится сталкиваться со следующими проблемами:

- низкая скорость передачи;
- небольшие расстояния;
- интенсивность импульсов квантов;
- возможность излучения одиночных фотонов с некоторой вероятностью.

Недостаток квантовой телепортации заключается в том, что она не дает возможности передавать информацию быстрее скорости света, т.к. передача информации по классическому каналу связи, а классический канал ограничен скоростью света [4].

Исследование аналитической группы Gartner показывают, что жизненный цикл каждой перспективной инновационной технологии можно разделить на несколько стадий (см. рис.4). Похожую эволюцию переживают методы и системы информационной безопасности и защиты информации.

Основной целью современных исследований в области системы обеспечения информационной безопасности с применением квантовых технологий является разработка подходов к построению эффективных квантовых алгоритмов решения вычислительно сложных и актуальных для конкретных применений математических и физических задач, а также задач моделирования поведения квантовых объектов и построению прототипов квантовых вычислителей.

Анализ показал, что в одних из наиболее обсуждаемых проблем стали проблемы теории сложности квантовых вычислений, расширения класса эффективных квантовых алгоритмов и обеспечения устойчивости квантовых вычислений применительно к различным моделям квантовых вычислений. При этом среди новых направлений работ, которые следует выделить:

1. Квантовая коммуникация: теория, эксперименты, приложения;
2. Теоретическая и экспериментальная оценка влияния современного уровня технологий (параметров реальных функциональных узлов систем квантовой коммуникации) на эффективность защиты от перехвата конфиденциальной информации в системах распределения квантового ключа;
3. Исследование методов перехвата конфиденциальной информации в квантовых криптографических каналах и разработка алгоритмов осуществления неконтролируемого доступа к квантово-криптографическим каналам связи;

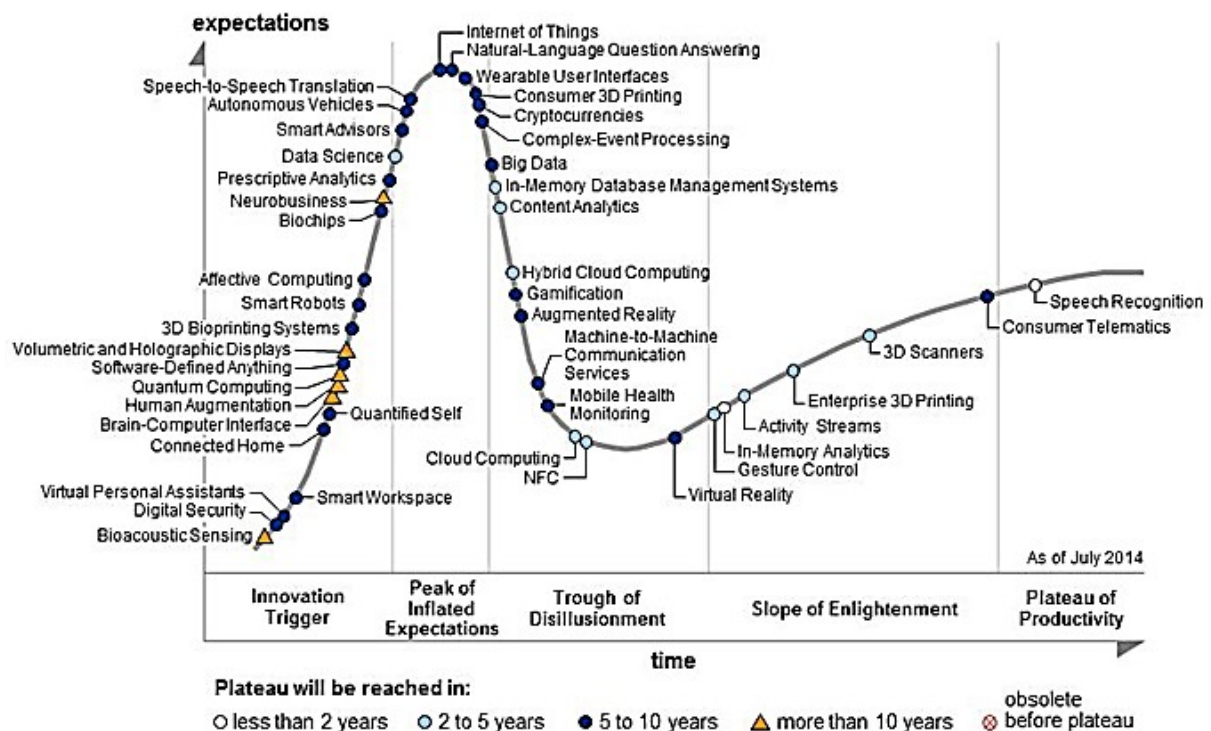


Рис.4. Жизненный цикл перспективной инновационной технологии по данным аналитической группы Gartner, 2014 [5]

4. Разработка методологии повышения стойкости защиты информации на основе виртуализации процессов шифрования и скремблирования;
5. Разработка и исследование технологий оценки стойкости защиты аудиоинформации с позиций комплексной виртуализации информационного анализа психо-физиологических, спектральных, биометрических и интеллектуальных идентификаторов речи;
6. Разработка технологий идентификации и прогноза поведенческих

форм личности и мотивационных групп с позиций синтеза и анализа виртуальных образов;

7. Исследование подходов к учету погрешностей квантовых вычислений при реализации квантовых алгоритмов;
8. Разработка технологий и методов и языков квантового программирования;
9. Разработка и исследование технологий "распределенных" квантовых вычислений;
10. Разработка и исследование технологий по обеспечения квантового информационного обмена с помощью квантовых каналов связи между отдельными квантовыми вычислителями в квантовой информационно-вычислительной среде (квантовый Интернет) [6].

Применение квантовых технологий в области обеспечения системы информационной безопасности — одно из наиболее парадоксальных проявлений квантовой технологии, вызывающее в последние годы огромный интерес специалистов. Этот интерес обусловлен, в первую очередь, передаче зашифрованных сообщений по двум каналам связи — квантовому и традиционному. Квантовая криптография является одним из самых стремительно развивающихся прикладных направлений квантовой физики, и обеспечивает информирование о попытке перехвата передаваемой информации из-за необратимости коллапса волновой функции.

Учитывая вышесказанное, мы считаем, что необходимо разработка новых учебных курсов по инновационным технологиям, как квантовая информатика, квантовые технологий в информационной безопасности и защиты информации, квантовые каналы связи, основы теории квантовой передачи информации, квантовая криптография в рамках грантовых программ межгосударственного уровня с привлечением государственного финансирования.

Литература

1. Брассар, Ж. Современная криптология.- М.: ПОЛИМЕД, 1999. — 176 с.
2. <http://www.computerra.ru/60709/emerging-tech/>
3. Долгов В.А. и др. Криптографические методы защиты информации.-Хабаровск,2008
4. Емельянов В.И. Квантовая физика: Биты и Кубиты.-М.:Изд.МГУ,2012
5. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918?fni=search&srcId=1-3478922254>
6. <http://www.itsec.ru>
7. <http://sci-article.ru>
8. Масленников, М. Е. Криптография и свобода. — mikhailmasl.livejournal.com
9. Лапонина, О. Р. Криптографические основы безопасности. — www.intuit.ru
10. Шефановский, Д. Б. ГОСТ Р 34.11-94. Функция хэширования. — М. : Информзащита, 2001.
11. Federal Information Processing Standards Publication 197. Announcing the Advanced encryption standard (AES) [электронный ресурс] / NIST, 2006 — 51 с. — www.csrc.nist.gov.
12. Сمارт, Н. Криптография. — М.:Техносфера, 2005. — 528 с.
13. Фергюсон, Н. Практическая Криптография. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. — 416с.

Романов В.Ю.

факультет ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова,
vromanov@cs.msu.su, vladimir.romanov@gmail.com

Использование шаблонов пакетов при извлечении архитектуры программных систем

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Визуализация программного обеспечения, визуализация пакетов, извлечение архитектуры, шаблоны пакетов, обратное проектирование.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются особенности CASE-инструмента для моделирования свободно распространяемого программного обеспечения разработанного на языке Java[1]. Данный инструмент предназначен для моделирования, визуализации и извлечения архитектуры такого программного обеспечения с помощью языка UML. Для решения задачи извлечения архитектуры зачастую используется подход анализа иерархии компонент программной системы сверху вниз. Некоторые инструменты при этом предоставляют возможность выполнять извлечение в интерактивном режиме, оперативно предоставляя архитектурно важные виды (точки зрения на систему) на рассматриваемые элементы программной системы. Эти виды позволяют визуально оценить структуру рассматриваемого элемента и его связи с другими элементами. В статье рассматривается использование шаблонов пакетов языка Java для упрощения решения такой задачи.

1. Введение

Одним из распространенных определений архитектуры [2] является следующее: архитектура программной системы или вычислительной системы есть структура или структуры этой системы, видимые извне системы, видимые извне свойства этих элементов и видимые извне отношения между ними.

Существует ряд инструментов поддерживающих выделение и извлечение архитектуры системы, в которых существенную роль играют интерактивность и визуализация [3, 4, 5, 6]. Некоторые шаги в этом процессе (извлечение элемента модели программной системы и генерация видов элемента модели) часто автоматизированы и не требуют какого либо вмешательства человека.

2. Извлечение архитектуры

В случае больших программных систем архитектура описывается посредством нескольких *архитектурных видов (architectural view)*, каждый из которых соответствует одной из predetermined *точек зрения (viewpoint)*[7, 8, 9, 10]. Наиболее распространенные и общепринятые виды следующие:

1. Модульные виды представляют модули системы и их отношения полученные в результате анализа кода;

2. Виды компонентов и соединители, представляющие такие компоненты периода выполнения как серверы, процессы и базы данных, а также механизмы общения компонент друг с другом, например, сокет и удаленные вызовы процедур;

3. Виды внедрения показывающие расположение модулей и компонент в среде их разработки и в среде их исполнения.

Далее в статье будут рассматриваться модульные виды архитектуры. В рассматриваемом нами случае программной системы написанной на языке Java под модулями мы будем понимать пакеты языка Java, поскольку в данный момент в языке Java явные конструкции для модулей отсутствуют.

Инструмента автоматического анализа программной системы рассматривает сверху вниз иерархическую декомпозицию системы представленную в виде UML-модели системы[10]. Начинается анализ с вида самого верхнего уровня UML-модели. Последовательные раскрытия и сжатия элементов в иерархии элементов модели приводят к формированию рабочего множества элементов видимых в данный момент времени.

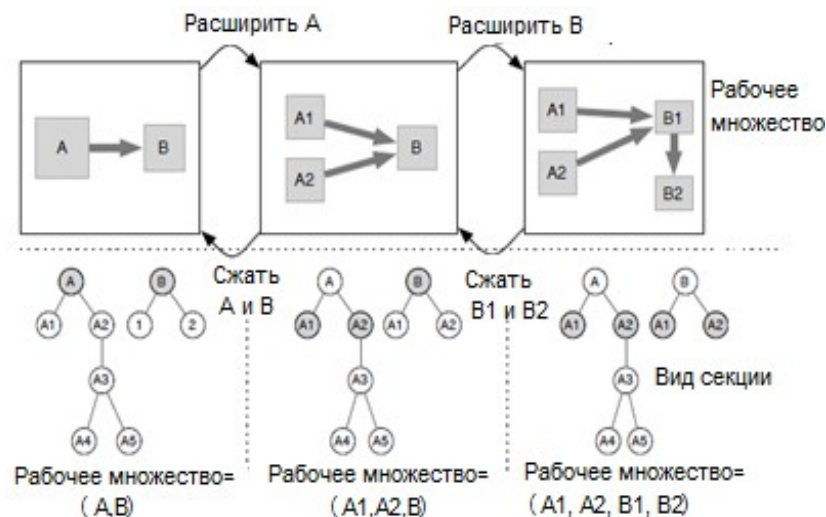


Рис.1. Последовательность применения операций *Раскрыть* и *Сжать* при анализе программной системы

Виды являются подходящими для описания архитектуры программной системы, когда все модули (пакеты языка Java) в рабочем множестве важны для описания архитектуры, а также все такие модули

расположены на правильном уровне абстракции. Далее нам необходимо будет классифицировать виды связей между модулями (пакетами) языка Java.

Зависимости между пакетами

В языке Java нет явной конструкции для задания модулей исходного кода. Исходные тексты на этом языке структурируются с помощью пакетов, а связи задаются с помощью предложений импорта в типы языка Java (классы, интерфейсы и перечисления) типов из других пакетов.

Описания зависимостей между пакетами с помощью конструкции импорта бывает недостаточно при некоторых типах анализа программной системы. Отношения зависимости между пакетами часто необходимо собрать на верхнем уровне, подняв для этого зависимости между пакетами нижнего уровня на верхние уровни, а зависимости между классами должны быть подняты на уровень содержащих эти классы пакетов на уровень пакетов.

Зависимости между типами возникают вследствие отношений наследования между классами, реализации интерфейсов классами, вызова методов из других классов, доступа к полям других классов.

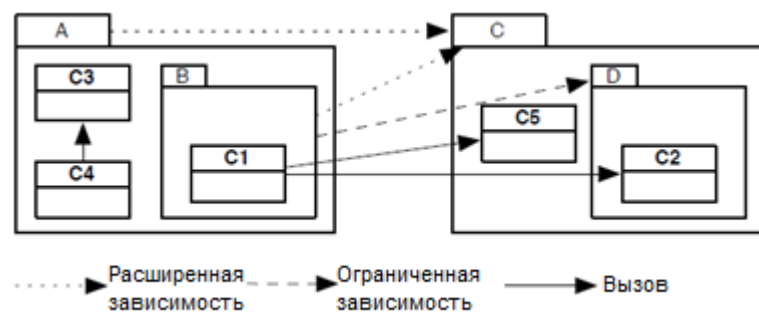


Рис.2. Два вида зависимости между пакетами

Ограниченная зависимость — это зависимость между двумя ограниченными пакетами. Она представляет все явные зависимости нижнего уровня существующими между двумя ограниченными пакетами. На рисунке 2 зависимость между ограниченными пакетами B и D содержит вызовы методов между классами C1 и C2. Зависимости между ограниченными пакетами A и C не существует.

Расширенная зависимость — это зависимость между двумя расширенными пакетами. Она представляет множество всех явных зависимостей между элементами определенными в двух расширенных пакетах. На рисунке 2 зависимость между расширенными пакетами A и C содержит два вызова: один из класса C1 в класс C2, и один из класса C1 в C5.

Оба вида отношений между пакетами направлены. Будем называть такие отношения также входящими и выходящими.

Классификация ограниченных пакетов

Характеризуем расширенный пакет используя его взаимодействие с другими пакетами в рабочем множестве. Для этого будем характеризовать

взаимодействие каждого из его вложенных пакетов с расширенными пакетами рабочего множества. На основе его взаимодействия с множеством расширенных пакетов в рабочем множестве, ограниченный пакет может быть четырех типов:

Тихий — рассматриваемый пакет не имеет взаимодействия с расширенными пакетами рабочего множества.

Потребитель — существует отношение направленное от рассматриваемого ограниченного пакета к по меньшей мере к одному из пакетов рабочего множества.

Поставщик — пакет для которого существует по меньшей мере одно отношение зависимости из пакета в рабочем множестве в рассматриваемый пакет.

Гибридный — пакет, для которого есть зависимости в обоих направлениях между рассматриваемым ограниченным пакетом и пакетом в рабочем множестве.

Для кодирования на диаграммах степени зависимости будем использовать цвет, как показано на рисунке 3.

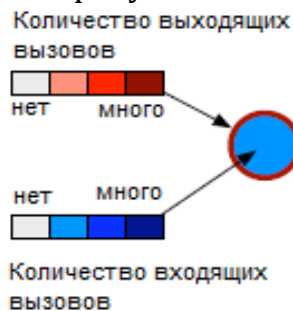


Рис. 3. Кодирование степени зависимости

В соответствии с такой кодировкой рассмотренные типы пакетов будут иметь следующий вид:

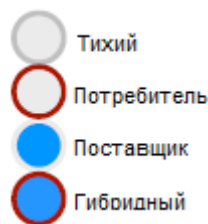


Рис. 4. Кодирование типов пакетов

Пример расширенного пакета приведен на рисунке 5.

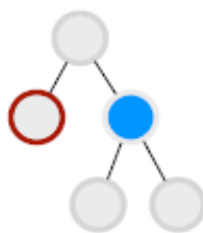


Рис. 5. Пример расширенного пакета

Шаблоны пакетов при извлечении архитектуры

При анализе программной системы с автоматическим построением архитектурных видов для текущего рабочего множества были обнаружены четыре часто встречающихся шаблона задающих определенные взаимосвязи пакетов. Автоматическое распознавание таких шаблонов в программной системе существенно упрощает построение архитектурных видов для программной системы в целом.

Шаблон Айсберг. Айсберг — это пакет от которого зависят другие пакеты рабочего множества. Однако эта зависимость лишь с ограниченной версией пакета — айсберга. Пакеты вложенные в айсберг скрыты от пакетов рабочего множества.

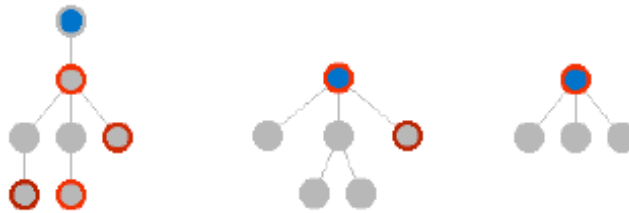


Рис. 6. Примеры шаблона Айсберг

Пакет в вершине айсберга не нуждается в дальнейшем расширении. Хотя пакеты, вложенные в пакет-вершину айсберга, и используют другие пакеты, однако для понимания архитектуры других пакетов расширение не предоставит дополнительной информации. Все необходимые для понимания связи предоставляются вершиной айсберга.

Шаблон Провал. Пакет в шаблоне Провал содержит единственный вложенный пакет, а ограниченная версия пакета имеет тип "тихий". Такой пакет должен быть расширен для получения более детальной информации. Примеры пакетов с шаблоном Провал показаны на рисунке ниже:

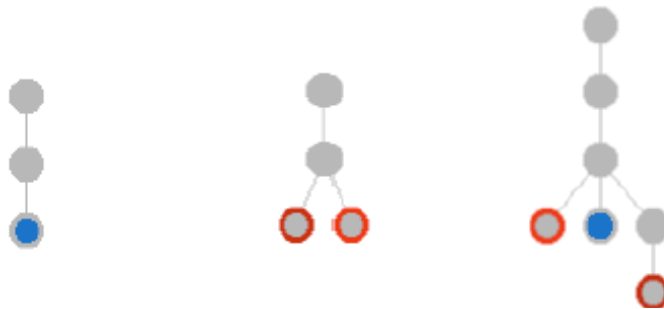


Рис. 7. Примеры шаблона Провал

Вся информация, предоставляемая пакетом с таким шаблоном — его имя. При расширении этого пакета архитектурная информация не теряется. Рекомендуется автоматическое расширение таких пакетов для получения более детальной информации о связях пакета.

Шаблон Автономный. Пакет с шаблоном Автономный содержит по меньшей мере один вложенный пакет-поставщик и не содержит не одного потребителя или гибридный пакет. Автономный пакет не зависит от других пакетов в рабочем множестве.



Рис. 8. Примеры шаблона Автономный

Пакет с таким шаблоном не требует дальнейшего расширения. Существование пакетов с таким шаблоном связей — признак хорошего проектирования.

Шаблон Архипелаг. Архипелаг — пакет который содержит по меньшей мере три вложенных пакета, которые при рассмотрении их как расширенные пакеты, не зависят друг от друга.

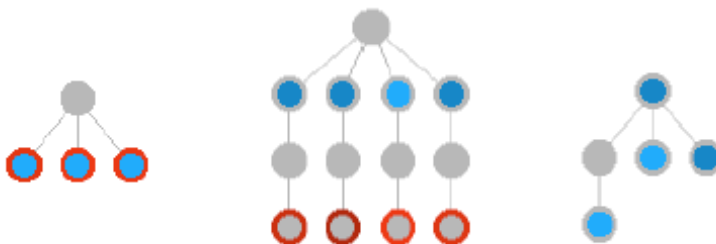


Рис. 8. Примеры шаблона Архипелаг

Пакет с таким шаблоном не требует дальнейшего расширения. Поскольку вложенные в архипелаг пакеты независимы, то скорее всего архипелаг является вспомогательным пакетом для хранения несвязанных пакетов.

6. Заключение

В статье рассмотрен подход к извлечению архитектуры программной системы, основанный на автоматическом распознавании в программной системе шаблонов пакетов языка Java. Данные шаблоны распознаются с использованием метрик оценивающих связей между пакетами. Данный подход применим как при интерактивной оценки архитектуры по автоматически генерируемым архитектурным видам системы, для и при автоматической генерации отчетов об архитектуре программной системы разработанной на языке Java.

Литература

1. Романов В.Ю. Инструмент обратного проектирования и рефакторинга программного обеспечения написанного на языке Java //International Journal of Open Information Technologies. — 2013. — Т. 1. — №. 8. — С. 1-6
2. L. Bass, P. Clements, and R. Kazman. Software Architecture in Practice, 2/E. Addison Wesley Professional, 2003.
3. G. Murphy, D. Notkin, and K. Sullivan. Software reflexion models: Bridging the gap between source and high-level models. In Proceedings of SIGSOFT '95, Third ACM SIGSOFT Symposium on the Foundations of Software Engineering, pages 18–28. ACM Press, 1995.
4. M.-A. D. Storey, K.Wong, F. D. Fracchia, and H. A. Mueller. On integrating visualization techniques for effective software exploration. In INFOVIS '97: Proceedings of the 1997 IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis '97), page 38, Washington, DC, USA, 1997. IEEE Computer Society.

5. H. A. Muller and K. Klashinsky. Rigi — a system for programming-in-the-large. In Proceedings of the 10th International Conference on Software Engineering, pages 80–86, Singapore, 1988. IEEE Computer Society Press.
6. M. Lungu, A. Kuhn, T. Girba, and M. Lanza. Interactive exploration of semantic clusters. In Proceedings of VISSOFT 2005 (3rd IEEE International Workshop on Visualizing Software For Understanding and Analysis), pages 95–100. IEEE CS Press, 2005.
7. ISO/IEC/IEEE 42010:2011, Systems and software engineering — Architecture description, <http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/> 8
8. Nick Rozanski, Software Systems Architecture: Working with Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives, Second Edition, Addison-Wesley Professional, October 25, 2011, ISBN 978-0-321-71833-4
9. Paul Clements; Felix Bachmann; Len Bass; David Garlan; James Ivers; Reed Little; Paulo Merson; Robert Nord; Judith Stafford, Documenting Software Architectures: Views and Beyond, Second Edition Publisher: Addison-Wesley Professional, October 05, 2010, ISBN 978-0-321-55268-6
10. Object Management Group, UML 2.4 Superstructure Specification, OMG document. <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/>

Коротченко Е.А.

Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г.
Новосибирск, аспирант факультета прикладной информатики в экономике,
elen.gams@gmail.com

Применение адаптационного механизма использования относительных оценок в методологии скрам для реализации IT-проектов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Скрам, Scrum, разработка программного обеспечения, гибкая методология, agile, относительные оценки, стори поинт, Planning poker, IT-проект.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется проблема применения одной из популярных методологий гибкой разработки программного обеспечения — "Scrum" (далее скрам). Цель данного исследования заключается в разработке адаптационного механизма использования относительных оценок в методологии скрам для реализации IT-проектов в консалтинговых организациях. В качестве основных методов исследования использовались: наблюдение, анкетирование и интервьюирование, системный и структурный анализ. Научная новизна работы заключается в совершенствовании теоретических положений методологии "скрам", практическая значимость работы выражена в разработке методики оценивания задач для успешного внедрения гибкой методологии скрам в организациях.

1. Введение в проблему

Популярность использования гибких методологий разработки программного обеспечения обуславливается возможностью учета дополнительных требований заказчика, появившихся уже после старта IT-проекта, а также быстротой адаптации к изменениям в проектных решениях.

Под процессом разработки программного обеспечения понимают структуру, которая определяет процедуру разработки программного обеспечения [8]. Выделяют несколько моделей такого процесса (методологий разработки программного обеспечения), каждая из которых описывает свой подход, в виде задач и/или деятельности. Все группы моделей можно условно разделить на две группы [5]:

- *каскадная модель разработки или модель водопада* — модель процесса разработки программного обеспечения, в которой процесс

разработки выглядит как поток, последовательно проходящий фазы анализа требований, проектирования, реализации, тестирования, интеграции и поддержки;

- *гибкая методология разработки (Agile)* — выполнение работ параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы.

Несмотря на то, что гибкие методологии разработки достаточно распространены в Российской индустрии разработки программного обеспечения, их внедрение является трудоемким процессом, который неизменно сопровождается рядом проблем.

Результаты исследования «Что представляет собой страна Agile в 2012 году?», проведенного «Agile Survey» [13] (далее исследование Agile) показали (рис. 1) показали, что всего 18% респондентов (из 4 048 специалистов в области разработки программного обеспечения) считают, что у них не было проектов по внедрению agile, которые бы закончились провалом, 12% респондентов считают, что причиной провала таких проектов является философия или культура компании, которая противоречит ценностям agile, 11% респондентов видят основную проблему во внешнем давлении, которое провоцирует следовать традиционной каскадной модели, другие 11% опрошенных винят во всем глубокие организационные проблемы и проблемы с коммуникациями.



Рисунок 1. Причины провала проектов по внедрению agile

Приведенные статистические данные позволяют сделать вывод о том, что у 82% респондентов возникли трудности с внедрением гибкой методологии разработки программного обеспечения. Актуальным является вопрос, как правильно выбрать разновидность методологии и эффективно ее внедрить в деятельность организации.

2. Методология гибкой разработки программного обеспечения

Методология гибкой разработки программного обеспечения детально описана в документе «Манифест гибких методологий разработки» («Agile Manifesto»). Ключевое положение методологии

заключается в разделении всего процесса разработки на отдельные итерации, что позволяет предоставлять заказчику версию работающего программного обеспечения как можно чаще и раньше. Основные тезисы «Манифеста гибких методологий разработки» следующие:

- люди и их взаимодействие важнее процессов и инструментов;
- готовый продукт важнее документации по нему;
- сотрудничество с заказчиком важнее жестких контрактных ограничений;
- реакция на изменения важнее следования плану.

По своей сути, agile не включает практик, а определяет ценности и принципы, которыми руководствуются успешные команды. Основные предпосылки к появлению гибких методологий заключались в следующем [11].

1. Заказчик не всегда может сформировать четкие требования к программному обеспечению:
 - у заказчика существует только идея приложения, и он не представляет всю его функциональность;
 - у группы проекта есть расхождение во взглядах на функциональность приложения;
2. Новые технологии усилили конкуренцию и потребовали оперативного применения в бизнесе;
3. Заказчики и разработчики программного обеспечения не удовлетворены процессом взаимодействия.

Как и любая другая методология Agile обладает своими достоинствами и недостатками. Главный недостаток гибких методологий — это «плавающая» оценка сроков разработки и бюджета, постоянно изменяющихся параллельно корректировке требований. К достоинствам же можно отнести низкие сроки производства продукта, его соответствие ожиданиям клиентов, отсутствие простоев, возникающих в связи с необходимостью согласования проектной документации.

Более 84% участников исследования Agile подтвердили, что у них в организациях применение гибких методологий разработки используется больше на 80%, чем в 2011 году. Половина респондентов работают в компаниях, практикующих работу по гибким методологиям разработки в течение двух лет или меньше, а более чем одна треть опрошенных в диапазоне от 2 до 5 лет. В этом году был отмечен рост количества команд, работающих по принципам agile в рамках каждой организации на 15%.

В теории проектирования и разработки программного обеспечения выделяют следующие разновидности методологий гибкой разработки.

1. Скрам (scrum) — это гибкий подход для управления проектами с высокой степенью неопределенности. В отличие от методологий детально описывающих все процессы управления, скрам по своей

сути является системой взглядов и ценностей, а точнее рабочей средой;

2. Экстремальное программирование (XP) — методология быстрой разработки программного обеспечения. Состоит из набора методик и принципов, позволяющих как по отдельности, так и в комплексе, оптимизировать процесс разработки. Этот подход также регламентирует права разработчиков и заказчиков;
3. Методология «бережливого производства» (Kanban) — методология трансформации организационной культуры и поощрения процесса постоянного улучшения;
4. Функционально-ориентированная разработка (Feature Driven Development (FDD)) — основной целью методологии является разработка реального, работающего программного обеспечения систематически, в поставленные сроки;
5. Crystal Clear — методология, позволяющая менять степень формализации процесса разработки в зависимости от критичности задач и количества участников разработки [12].

Результаты исследования Agile показали (рис. 2), что наиболее популярной методологией гибкой разработки программного обеспечения является скрам.

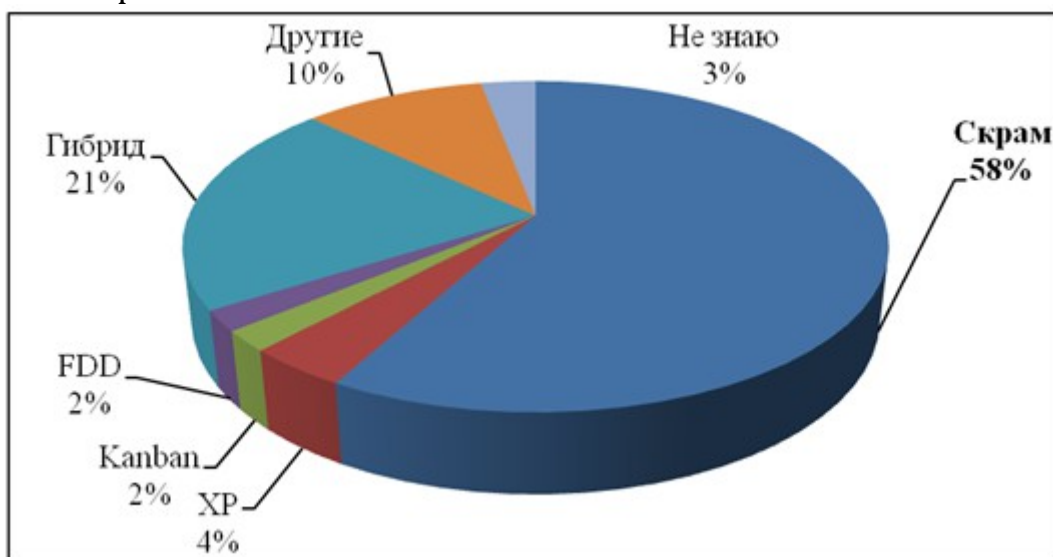


Рисунок 2. Популярность гибких методологий разработки программного обеспечения

Одним из факторов успешного внедрения скрам является использование системного подхода, который включает в себя правильную мотивацию сотрудников, эффективное распределение ролей в проектной команде, методологию оценки задач, способы визуализации процесса выполнения проекта, разработку регламента проведения встреч команды проекта.

Но одной из ключевых проблем внедрения методологии для реализации IT-проектов является переход команды на использование

относительных оценок, так называемых стори поинтов⁶, при планировании.

3. Использование относительных оценок для эффективного планирования

Эффективное планирование — залог успешного выполнения любого проекта. Поэтому в методологии скрам этап планирования играет важную роль. На планировании спринта⁷ члены команды:

- анализируют пользовательские истории;
- оценивают задачи;
- обозначают критерии приемки.

При оценке задач команда руководствуется их приоритетами в журнале продукта⁸, при необходимости задачи декомпозируются. Но существуют разные взгляды и методики оценивания задач. В Agile-сообществе есть сторонники использования относительных оценок и сторонники оценивания задач в идеальных часах. Майк Кон придерживается мнения, что задачи необходимо оценивать в часах. В тоже время, Джеф Сазерленд считает, что эффективнее работают команды, которые оценивают задачи в стори поинтах.

Исследователи норвежского научно-исследовательского института Simula Research Lab доказали, что большинство людей не умеет давать объективную временную оценку задаче.

Они попросили несколько групп разработчиков дать оценку некоторых задач, описанных в спецификации. В среднем, группы оценили работу в 100 часов.

После чего, начались эксперименты (табл. 1):

Таблица 1 — Коррективы в спецификации

<i>Коррективы в спецификации</i>	<i>Средняя оценка</i>
Увеличение количества страниц	150 часов
Внесение дополнительной информации, не имеющей отношения к делу	200 часов
К первоначальной спецификации добавили 2 приложения, которые просили не оценивать	200 часов

Напоследок исследователи решили протестировать эффект «заякоривания» разработчиков (табл. 2). За основу взяли спецификацию, которая была оценена несколькими группами разработчиков в среднем в 500 часов.

6 Стори поинт(story point)- это сравнительная оценка, которая показывает «размер» задач относительно друг друга [3].

7 Спринт — одна итерация разработки продукта. По итогам спринта команда проводит демонстрацию реализованных функциональностей.

8 Журнал продукта — это упорядоченный список всего, что может быть нужным в продукте, он является единственным источником требований для любых изменений, которые может потребоваться внести в продукт. Ответственность за него несет владелец продукта[10].

Таблица 2. Эффект «заякоривания» разработчиков

Коррективы в спецификации	Средняя оценка
«Заякоревание вверх»(Product Owner говорил, что другие оценили это в 1000 часов)	600 часов
«Заякоревание вниз»(Product Owner говорил, что другие оценили это в 50 часов)	100 часов

Таким образом, можно сделать вывод, что оценка, которую член команды дает задаче зависит от различных факторов. Но при этом, зачастую, сотрудник, который завершил задачу ранее запланированного времени, откладывает решение других задач, используя оставшееся время в личных целях. Такой ситуации не возникает при использовании относительных оценок, когда члены команды сравнивают размер задач относительно друг друга. И берут на себя обязательство выполнить за спринт определенное количество стори поинтов, причем команда увеличивает скорость от спринта к спринту, соответственно, количество стори поинтов растет, а количество часов в спринте остается прежним. Это позволяет добиться наилучших результатов и увеличить скорость выполнения проектов.

Проблема перехода на относительные оценки в том, что сотрудники невольно начинают переводить стори поинты в часы. Существующая методика оценивания задач Planning Poker предполагает использование при планировании колоды, которая состоит из карт, содержащих числа Фибоначчи, включая ноль: 0, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.

Аргумент в пользу использования последовательности Фибоначчи — отражение типичной неопределённости при обсуждении самых важных и больших пунктов. Одна из имеющихся в продаже видов колод содержит следующую последовательность: 0, ½, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 40, 100 и иногда знак вопроса «?», означающий неуверенность, и чашку кофе, означающую требование перерыва.

Но когда появляются цифры, люди начинают измерять и перестают сравнивать. Очень часто цифры становятся эквивалентом идеальных часов.

Поэтому появилась альтернатива Planning Poker. Для осуществления относительных оценок задач может использоваться так называемый «фруктовый покер» (Fruit Estimation Poker), размер задачи соответствует определенному фрукту. Но на практике достаточно сложно сказать, что больше вишенка или клубника.

Автором статьи была предложена и внедрена методика оценки задач «Скрам-питомцы» (Planning Poker) с использованием пластиковой колоды карт (рис. 3.). В колоду кроме карты с правилами входят следующие карты:

- хомяк — очень маленький и легкий (1 стори поинт);
- утка — маленькая, немного тяжелее, чем хомяк (2 стори поинта);
- панда — средняя тяжесть (3 стори поинта);

- лось — тяжелее среднего (5 стори поинтов);
- жираф — достаточно тяжелый (8 стори поинтов);
- слон — очень тяжелый (13 стори поинтов);
- кот в мешке — используется, когда член команды затрудняется дать оценку задаче;
- засыпающая собака — хватит животных! Пора сделать перерыв.

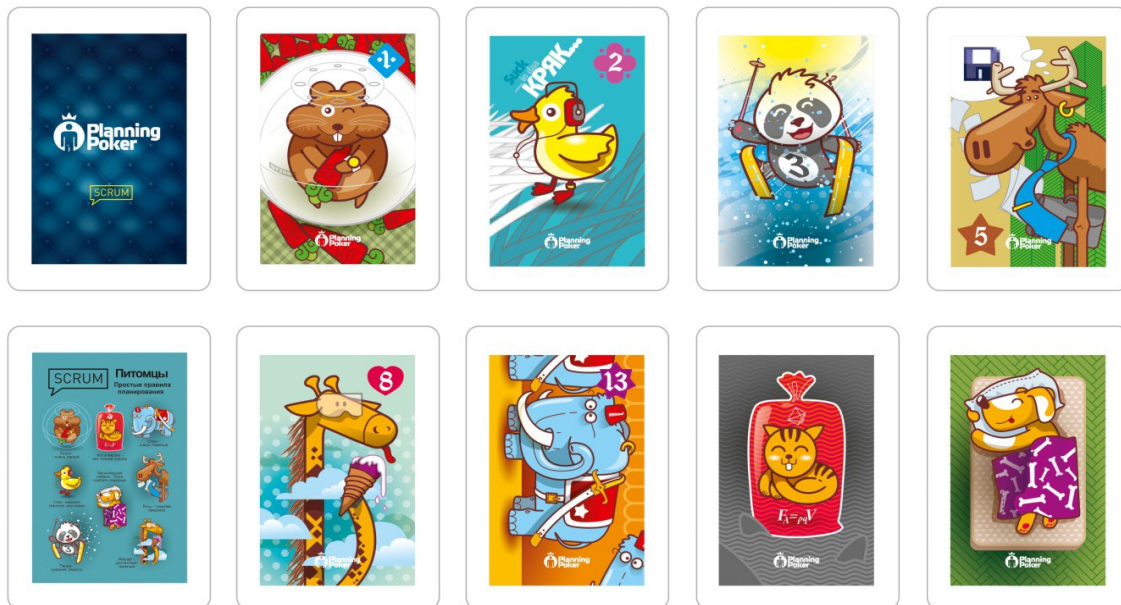


Рисунок 3. «Скрам-питомцы»

Если при планировании задача была, оценена, как слон, на ретроспективе, члены команды решают, действительно ли это был слон? Если да, то пользовательская история берется за основу, и всем аналогичным задачам в последствие присваивается статус «слон». В процессе работы оценки могут пересматриваться, если найдется задача крупнее, текущую задачу можно оценить в меньшее количество стори поинтов. В итоге команда начинает измерять свою скорость, сколько стори поинтов было завершено за спринт, а не время, потраченное на одну задачу. Первый спринт, который был оценен с помощью «питомцев», будет основой для последующего планирования. Например, если команда запланировала на спринт 40 стори поинтов, а выполнила 20, на следующий спринт должно быть запланировано 20 стори поинтов. На планировании первых двух спринтов можно использовать оценки в часах, за это время у команды появятся задачи, которые можно взять за эталон, и впоследствии использовать для относительных оценок.

Стори поинты — хорошая альтернатива оценкам в часах. Их использование позволяет повысить скорость работы команды и ее производительность. Методика оценки задач «Скрам-питомцы» (Planning Poker) позволит с наименьшими потерями внедрить систему

относительных оценок в работу команд, работающих по скрам.

Литература

1. Бек К. Экстремальное программирование. [Пер. с англ.] СПб.: Питер, 2002. 224 с.
2. Дмитриев С. Люди не умеют оценивать // CMS magazine: аналитический портал рынка веб-разработок, 2011. URL: http://www.cmsmagazine.ru/authors/sergej_dmitriev/people-are-not-able-to-assess/ (дата обращения: 11.05.2013).
3. Евграшин Т. Как научить команду оценивать в попугаях (story points) // The Improved Methods. Все об Agile управлении IT-проектами, организации команд и саморазвитии: электронный журнал, 2010. № 10. URL: <http://tim.com.ua/2010/10/how-to-estimate-in-story-points/> (дата обращения: 29.03.2013).
4. Евграшин Т. Фруктовый Poker — хорошая альтернатива техникам оценки задач // The Improved Methods. Все об Agile управлении IT-проектами, организации команд и саморазвитии: электронный журнал, 2013. № 01. URL: <http://tim.com.ua/2013/01/fruit-estimation-poker/> (дата обращения: 29.03.2013).
5. Закис А. RUP и другие методологии разработки ПО. Часть 2. Сравнение методологий разработки ПО // КомпьютерПресс: электронный журнал, 2006. №11. URL: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=16880&iid=781> (дата обращения: 09.05.2013).
6. Книберг Х., Скарин М. Kanban и Scrum: выжимаем максимум. [Пер. с англ.] М.: InfoQ.com, 2010. 78 с.
7. Манифест гибких технологий, 2001г. URL: <http://agilemanifesto.org/> (дата обращения: 20.02.2013).
8. Тельнов Ю.Т. Реинжиниринг бизнес-процессов. М. Финансы и статистика, 2005. 99 с.
9. Функционально-ориентированная разработка (Feature Driven Development, FDD). URL: <http://proagile.blogspot.ru/2009/08/224-feature-driven-development-fdd.html> (дата обращения: 26.06.2013).
10. Швабер К., Сазерленд Дж. Авторитетное руководство по Скраму: Правила Игры. [Пер. с англ.] М.: InfoQ.com, 2011. 19 с.
11. Agile-подход в разработке программного обеспечения: преимущества для Заказчика, 2012г. URL: <http://www.pmooffice.by/blog/study/agile-approach.html> (дата обращения: 20.04.2013).
12. Cockburn, A., Crystal Clear: A Human-Powered Methodology for Small Teams. Addison-Wesley, 2005. 336 p.
13. 7th annual State of agile development survey, 2013. URL: <http://www.versionone.com/pdf/7th-Annual-State-of-Agile-Development-Survey.pdf> (дата обращения: 21.05.2013).

Астахова И.Ф.¹, Ушаков С.А.²

¹ Воронежский государственный университет, г.Воронеж, д.т.н., профессор кафедры математического обеспечения ЭВМ, astachova@list.ru

² Воронежский государственный университет, г. Воронеж, аспирант факультета прикладной математики, информатики и механики

Применение искусственных иммунных систем для выбора поведения автономным роботом

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Искусственные иммунные системы, автономный робот, искусственный интеллект.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается построение и применение искусственной иммунной системы для выбора поведения автономным роботом. Рассматривается программная реализация применения искусственной иммунной системы.

Будем использовать постановку задачи, описанную в [1]: задачу автономного мобильного робота, принимающего решения с помощью алгоритма искусственной иммунной системы. Для того, чтобы робот был автономным, требуется не только его умение решить поставленную задачу, но и быть при этом самодостаточным [2], т.е. планировать свои действия в динамической окружающей среде. На рис. 1 показан возможный вариант такой среды в задаче сбора мусора.

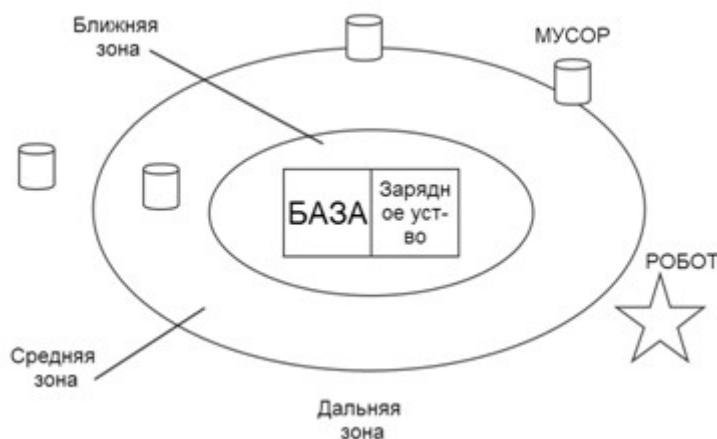


Рис. 1. Пример окружающей среды

Проблемная среда представляет собой замкнутую площадку, которая окружена стеной, где находятся контейнеры с мусором. Эти контейнеры робот должен переместить на базу, находящуюся в центре площадки. На базе расположены корзина для мусора, куда робот должен поместить контейнеры, и зарядное устройство, позволяющее роботу восполнить заряд батареи. Во время движения робот расходует заряд батареи, как живой организм — питательные вещества, необходимые для его функционирования, поэтому процесс разрядки и зарядки батареи похож на метаболизм в биологии. Задачей робота является собрать весь мусор, находящийся на площадке, не разрядив свою батарею

полностью, в противном случае, робот просто останется в некотором месте площадки без возможности куда-либо двинуться.

Выясним, что будут представлять собой антигены и антитела в данной задаче. Текущее состояние робота и характеристики окружающей среды будут являться антигенами:

- информация о том, где находится мусор (направление);
- информация о том, где находятся стены (направление);
- информация о том, где находится база (расстояние и направление);
- уровень зарядки батареи.

Для перечисленных антигенов введем следующие характеристики:

- для направления: вперед, назад, вправо, влево.
- для расстояния: большое, среднее, малое.
- запас заряда батареи: высокий, низкий.

Теперь рассмотрим, что будут представлять собой антитела. В естественной иммунной системе уникальность антител достигается за счет разнообразия структур их паратопов и идиотопов. Паратоп — это участок антитела, собственно и распознающий молекулу антигена. С другой стороны, каждое антитело обладает набором специфичных антигенных детерминант, которые называются идиотопами. На основе этого Ерне была выдвинута теория идиотипической иммунной сети [3, 4]. Ерне пишет, что огромное разнообразие идиотипов в значительной степени обусловлено разнообразием встречающихся в природе антигенных специфичностей. Поэтому лимфоциты, способные распознавать любые чужеродные антигенные детерминанты, должны распознавать и идиотипические детерминанты других лимфоцитов. Таким образом, идиотопы одних антител выступают в роли антигенов для других антител, и эти антитела подавляют первые, принимая их за вредоносные клетки. Идиотипическая сеть служит для сохранения иммунного ответа на протяжении достаточно долгого времени и поддержания клеток памяти, потому что за счет разнообразия идиотопов в сети сохраняется «отпечаток» антигена. Структура такого взаимодействия представлена на рис. 2.

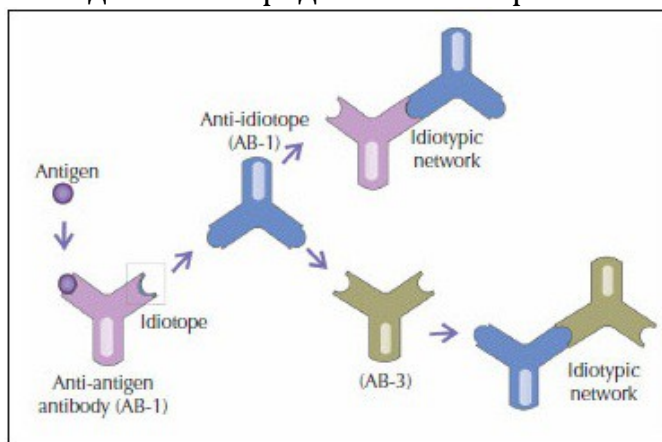


Рис. 2. Идиотипическая сеть

На этом рисунке антитело АВ-1 реагирует на антиген, в результате оно имеет идиотоп, сходный с этим антигеном. Антитело к этому идиотопу (синее антитело АВ-1), реагирует на идиотоп первого как на антиген, в результате чего 2 эти клетки образуют ячейку памяти и входят в идиотипическую сеть.

Антитело будет собой представлять поведенческий примитив робота. Его паратопом будет совокупность предусловия действия и само действие, а идиотопом — номер стимулируемого антитела и сила стимуляции. Перечислим все возможные действия для робота:

- двигаться прямо;
- повернуть налево;
- повернуть направо;
- исследовать;
- найти базу;
- взять мусор.

А также рассмотрим возможные предусловия:

- где находится мусор (спереди, справа, слева, уже у робота, нет мусора).
- где находится стена (спереди, справа, слева, нет стены).
- где находится база (спереди, справа, слева, нет базы, близко, недалеко, далеко).
- уровень заряда батареи (высокий, низкий).

Структура антитела графически представлена на рис. 3.



Рис. 3. Структура антитела

Рассмотрим подобно взаимодействию между антителами, с учетом приведенной выше теорией идиотипической сети. На рис. 4. представлена сеть в определенный момент времени.

В рассматриваемый момент времени робот имеет низкий уровень заряда батареи, база находится справа от него, контейнер с мусором — впереди. Предположим, что в сети находится 4 типа антител:

- 1.если база находится справа, то повернуть направо.
- 2.если мусор находится впереди, то поднять его.
- 3.если у робота низкий уровень заряда батареи, то найти базу.
- 4.если у робота высокий уровень заряда батареи, то двигаться прямо.

Так как в рассматриваемой ситуации у робота низкий уровень заряда, т.е. выполняется предусловие для антитела типа 3, будет выбрано действие повернуть направо. Это происходит из-за того, что антитело 3 стимулирует антитело 1, в результате чего его концентрация в сети увеличивается. Если

бы у робота был высокий заряд батареи, то самая высокая концентрация была бы у антитела 2, которое было бы простимулировано антителом 4. В таком случае, робот принял бы решение взять мусор.

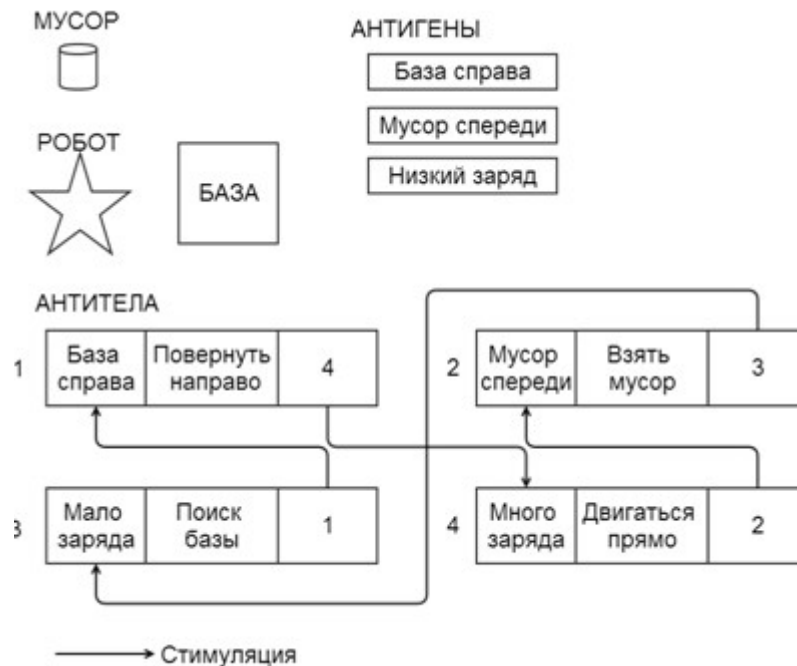


Рис. 4. Пример взаимодействия антител в idiotипической сети

В рассмотренном примере было всего 4 различных антитела. На основе этого подхода можно создать иммунную сеть, состоящую из антител с заранее сконструированными паратопами и идиотопами.

Антитела, составляющие иммунную сеть, можно задать вручную, но с увеличением их числа, такая техника становится слишком трудоемкой, а потом и невозможной. Для решения этой проблемы используются механизмы адаптаций, среди которых выделяют механизм корректировки и механизм нововведений. Корректировка представляет собой настройку системы путем изменения ее параметров, а нововведения — адаптацию с помощью механизмов отбора (эволюции).

Применяются механизмы корректировки и нововведения.

Прежде чем рассмотреть механизм нововведений, опишем кратко метадинамику естественной иммунной сети. Структура последней в живом организме не является неизменной, а постоянно самоорганизуется с учетом изменений внешней среды. Этот процесс самоорганизации структуры иммунной сети и называется метадинойкой [5]. Реализуется он за счет создания новых и удаления ненужных клеток. Новые клетки образуются либо с помощью рекомбинации генов в костном мозге, либо в результате мутации активированных (среагировавших на антиген) клеток. В иммунной системе постоянно продуцируется большое число новых лимфоцитов, однако большинство из них, не будучи простимулированы, погибают. Благодаря таким изменениям в клеточном составе иммунной

системы, поддерживается разнообразие, «клеточный репертуар», который подстраивается под изменения окружающей среды. Также важным шагом при создании новых лимфоцитов является их прохождение через тимус, где в ходе отбора уничтожается не менее 95% лимфоцитов, так как те реагируют на собственные антигены организма, считая их чужеродными.

Приведем полный алгоритм функционирования искусственной иммунной системы, которая решает задачу сбора мусора автономным роботом:

- выбрать параметры функционирования: количество лимфоцитов в сети;

- инициализация: случайным образом генерируются лимфоциты, они на данный момент и составляют иммунную систему;

- определяются антигены, описывающие текущую ситуацию: положение робота в пространстве, положение мусора, местонахождение базы, уровень заряда батареи;

- используя идиотопы, которые будут выступать в роли дополнительной стимуляции, выбираем тот лимфоцит, который имеет наибольшую концентрацию. Это и будет следующим действием робота. Применяем его к окружающей среде, в результате она меняется:

- пересчитываем концентрации лимфоцитов;

- если весь мусор собран — успешный останов алгоритма;

- если робот больше не может двигаться (нет заряда батареи) — останов алгоритма;

- Положим $t = t + 1$ и перейдем к шагу 3..

Алгоритм реализован на языке C#, программный комплекс состоит из набора классов.

Рассмотрим основные функции каждого класса.

Класс Connection описывает связь между двумя лимфоцитами в сети, хранит номера связываемых клеток и силу связи, рассмотрим характеристики основных классов.

Класс ImmuneNode моделирует узел иммунной системы — лимфоцит. Содержит следующую информацию:

- уникальный порядковый номер;

- предусловие;

- действие;

- список связей (объектов класса Connection) с другими узлами;

- текущий уровень концентрации лимфоцитов этого типа.

Класс ImmuneNetwork инкапсулирует представление искусственной иммунной сети. Включает в себя список лимфоцитов, в данный момент составляющих сеть, также хранит такие параметры как: порог концентрации, при котором создаются клоны лимфоцитов; коэффициент естественной смерти лимфоцитов. Включает операции добавления нового лимфоцита и удаления наименее стимулированного.

Класс ImmuneSystem является главным классом, реализующим алгоритм сборки мусора. Она хранит информацию об окружающей среде и ее изменениях, в основном цикле пересчитывает текущую концентрацию всех лимфоцитов и с помощью методов класса ImmuneNetwork обеспечивает вариативность иммунной системы.

Выводы

Был предложен алгоритм на основе искусственных иммунных систем для решения задачи сбора мусора автономным роботом. Были рассмотрены структура сети, строение лимфоцитов, механизмы корректировки и нововведений.

Создан программный продукт, реализующий рассмотренный иммунный алгоритм сбора мусора роботом.

Литература

1. Ishiguro A. A Robot with a Decentralized Consensus-Making Mechanism Based on the Immune System / A. Ishiguro, Y. Watanabe, T. Kondo // Proceedings of ISADS. — 1997. — P. 231-237.
2. Pfeifer R. The Fungus Eater Approach to Emotion: A View from Artificial Intelligence / R.Pfeifer // Technical report, AI Lab, University of Zurich. — 1995. — P. 2-17.
3. Jerne N.K. Idiotypic networks and other preconceived ideas / N.K. Jerne // Immunology Reviews. — 1984. — №79. — P. 5-23.
4. Jerne N.K. The generative grammar of the immune system / N.K. Jerne // EMBO Journal. — 1985. — №4. — P. 847-852.
5. Stewart J. Morphogenesis in shape-space. Elementary meta-dynamics in a model of the immune network / J. Stewart, F.J. Varela // Theoretical Biology. — №153(4). — 1991. — P. 477-498.

Шумская Е.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени акад. С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара, магистрант факультета информатики, kate-beauty@mail.ru

Использование технологии объектно-реляционного отображения при разработке конвертера учебных курсов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Технология объектно-реляционного отображения, конвертер учебных курсов, LMS Moodle, .NET, база данных, СУБД, ADO.NET Entity Framework, PetaPoco, NHibernate.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются преимущества и недостатки технологии объектно-реляционного отображения (Object-relational mapping — ORM), рассматриваются наиболее популярные .NET ORM-библиотеки, приводятся примеры их использования при разработке конвертера учебных курсов.

Современный процесс обучения требует быстрого и эффективного усвоения знаний, а, значит, и перестройки самого учебного процесса за счет применения инновационных технологий, в том числе и информационных. Интернет, необходимые средства связи и Web-технологии позволяют сделать компьютерное обучение более интересным и эффективным. Современные информационные и телекоммуникационные технологии дают возможность объединять образовательные ресурсы, разработанные во всем мире, и использовать их для своих собственных образовательных целей.

Дистанционное обучение через Интернет сегодня востребовано и быстро развивается, так как для этого имеются все возможности, как в техническом так и в интеллектуальном плане [1]. Большинство образовательных организаций активно внедряют и используют в процессе обучения различные системы управления контентом, мультимедийные ресурсы, разрабатывают авторские модули и дополнительные инструментальные средства.

В Самарском государственного аэрокосмическом университете на базе кафедры программных систем в 2009 учебном году была открыта «Школа информатики СГАУ», для которой в 2010-2011 г.г. был создан сайт дистанционного обучения на базе LMS Moodle. На протяжении этих лет преподавателями кафедры в систему было добавлено много дидактических материалов (в том числе лекционные и тестовые задания). Параллельно

велась разработка дистанционной обучающей системы (ДОС), построенной на технологии виртуальных миров, которая должна поддерживать образовательный процесс по компьютерным дисциплинам (информатике и программированию) в школе информатики СГАУ. Поскольку наполнение контента системы является трудоёмким процессом, возникла идея переноса данных из системы дистанционного обучения на базе LMS Moodle в ДОС, разработанную на платформе .NET. Обе системы работают под управлением различных СУБД и имеют разные структуры баз данных (БД), поэтому стандартных инструментальных средств, для решения этой задачи, найдено не было.

В связи с этим появилась необходимость разработки конвертера для автоматической загрузки учебных материалов из базы данных LCMS Moodle в базу данных ВОС, развернутую на удалённом сервере. Алгоритм работы конвертера можно разделить на три этапа: чтение данных из БД LMS Moodle, преобразование объектной модели, запись в базу данных ВОС. Общая схема работы конвертера тестов представлена на рис. 1.



Рис. 1. Общая схема работы системы конвертирования контента

Для работы с базой данных в .NET существует технология ADO.NET. Достоинством этой технологии является высокая производительность, но в современном мире напрямую она практически не используется, так как код, в котором бизнес-процессы и низкоуровневая работа с базой данных соединены воедино, сложно поддерживать и тестировать. Пример чтения вопросов из БД LMS Moodle с помощью ADO.NET приведён на рис. 2.

Технология объектно-реляционного отображения (ORM) позволяет абстрагироваться от способа хранения данных и манипулировать данными на уровне объектов, что позволяет с лёгкостью переходить от использования одной СУБД к другой, осуществлять модульное тестирование, улучшает читаемость кода.

Существует множество различных ORM-библиотек для платформы .NET, решающих разные задачи и имеющих разные возможности. Все они основаны на механизме рефлексии или процессе обнаружения типов во время выполнения программы. Рефлексия (отражение) — исключительно мощный механизм, позволяющий во время выполнения обнаруживать и использовать типы и их члены, о которых во время компиляции ничего не было известно, но у этой мощи есть два серьёзных недостатка: безопасность типов на этапе компиляции не контролируется, отражение работает медленно [2]. Недостатки рефлексии и являются основными недостатками технологии ORM.

```
public IList<Question> GetQuestions()
{
    string queryString = "SELECT * from mdl_question";
    var questions = new List<Question>();
    using (var command = new Command(queryString))
    {
        SqlDataReader reader = command.SqlCommand.ExecuteReader();
        while (reader.Read())
        {
            questions.Add(
                new Question(
                    int.Parse(reader["id"].ToString()),
                    reader["name"].ToString(),
                    reader["questiontext"].ToString(),
                    reader["image"].ToString(),
                    int.Parse(reader["category"].ToString())));
        }
        reader.Close();
    }
    return questions;
}
```

Рис. 2. Чтение вопросов из БД с помощью ADO.NET

Если в системе необходимо намного чаще осуществлять операции выборки, чем операции манипулирования данными, но при этом избегать работы с плохо-типизированными объектами, то часто используются микро-ORM: Dapper, Insight, PetaPoco и другие. Микро-ORM имеют более высокую производительность, занимают небольшой объем памяти, но в тоже время обеспечивают масштабируемость кода и облегчают тестирование. Рассмотрим библиотеку PetaPoco, так как она является достаточно новой и о ней существует мало информации на русском языке. Библиотека PetaPoco состоит из одного файла, поддерживает транзакции, работает с различными СУБД (SQL Server, SQL Server CE, MySQL, PostgreSQL и Oracle) и включает текстовые шаблоны T4 для автоматической генерации классов [3]. Шаблоны позволяют игнорировать некоторые таблицы и поля при создании классов. Это оказалось очень полезным при разработке конвертера контента, так как, подсистема тестирования в LMS Moodle очень гибко конфигурируется и включает в себя множество различных типов

вопросов и настроек теста, а ВОС в настоящий момент поддерживает вопросы с выбором ответа, поэтому все таблицы и поля читать из БД LMS Moodle не требуется. Результатом генерации является файл, содержащий набор классов для передачи данных. Пример сгенерированного класса представлен на рис.3. С помощью атрибутов можно настраивать отображение полей базы данных на свойства классов.

После генерации классов достаточно создать экземпляр базы данных и осуществить выборку из нужной таблицы (рис. 4).

В перспективе эта микро-ORM с лёгкостью позволит осуществить конвертацию данных в обратном направлении и обновление данных, если конвертация уже была произведена.

```
[TableName("mdl_question")]
[PrimaryKey("id")]
[ExplicitColumns]
public partial class mdl_question : mysqlDB.Record<mdl_question>
{
    [Column]
    public ulong id { get; set; }

    [Column]
    public long category { get; set; }

    [Column]
    public string name { get; set; }

    [Column]
    public string questiontext { get; set; }

    [Column]
    public string image { get; set; }
}
```

Рис. 3. Класс, сгенерированный с помощью шаблонов T4

```
var db = new PetaPoco.Database("itschool");
var questions = db.Query<mdl_question>("SELECT * FROM mdl_question");
```

Рис. 4. Чтение вопросов из БД с помощью ORM-библиотеки PetaPoco

Наиболее популярной ORM для .NET является ADO.NET Entity Framework. Entity Framework имеет встроенный в Visual Studio графический редактор и поддерживает три подхода к созданию объектной модели и базы данных: «Code First», «Database First» и «Model First». «Code First» позволяет определить модель с помощью классов C# или VB.Net, создаёт базу данных и добавляет в неё таблицы на основе кода. «Database First» позволяет реконструировать модель на основе существующей базы данных. «Model First» позволяет создать новую модель с помощью конструктора Entity Framework, а затем сформировать схему базы данных на основе модели. Модель сохраняется в EDMX-файле. Ее можно просматривать и изменять в конструкторе Entity Framework. На основе EDMX-файла автоматически формируются классы в приложении, с которыми происходит взаимодействие [4].

Для разработки конвертера курсов наиболее удобен подход

DataBaseFirst, так как база данных LMS Moodle уже создана. Однако по умолчанию Visual Studio 2012 не включает графического редактора для работы с СУБД MySQL, поэтому необходимо установить приложение «MySql for Visual Studio». Объектная модель, полученная на основании БД LMS Moodle, с помощью автогенерации представлена на рис. 5.

После генерации модели также довольно просто прочитать список вопросов из базы данных с помощью LINQ (Language Integrated Query) (рис. 6).

В режиме отладки можно посмотреть SQL-запрос, который генерирует Entity Framework. В запросе перечисляются все поля для выбора через запятую, а самой таблице присваивается псевдоним.

Ещё одна популярная и пожалуй самая мощная ORM-библиотека с открытым исходным кодом для C# — NHibernate. Она формирует SQL-запросы

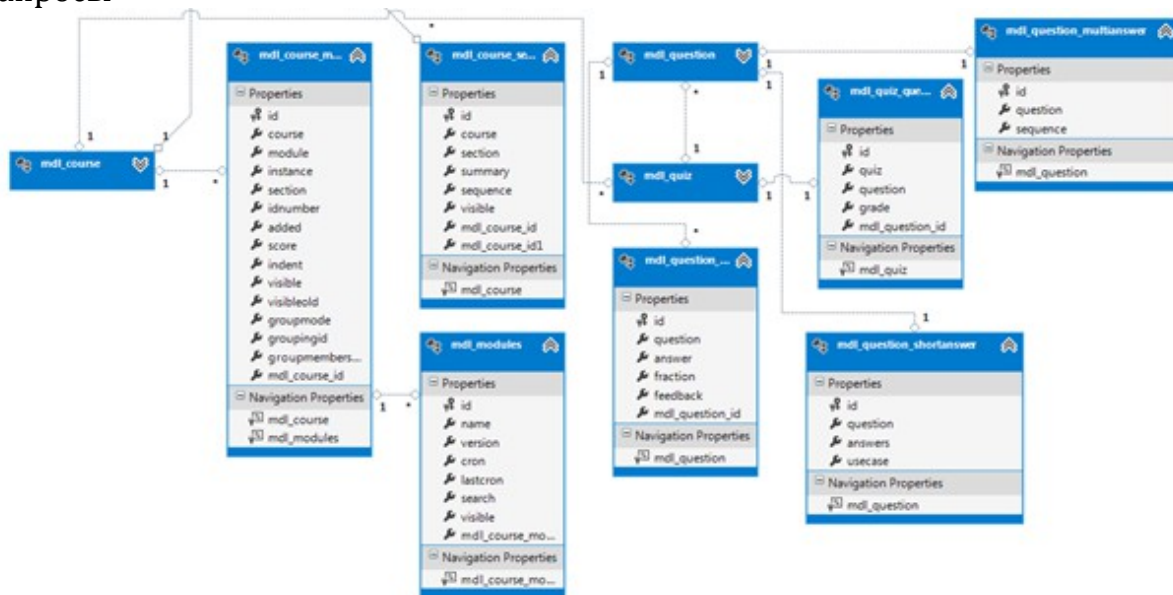


Рис. 5. Объектная модель, полученная с помощью Entity Framework

```
using (var db = new itschoolEntities())
{
    var query = from b in db.mdl_question select b;
}
```

Рис. 6. Чтение вопросов из БД с помощью EntityFramework

для загрузки и манипулирования данными на основании xml-файлов, в которых описываются сущности и связи [5]. Сегодня уже существует библиотека Fluent NHibernate, имеющая удобное API для описания преобразований сущностей базы данных в объектную модель. Для генерации объектной модели и схемы БД существует приложение с графическим интерфейсом «Entity Developer», который также может быть интегрирован в Visual Studio. На сегодняшний день существуют две версии этого приложения: коммерческая и бесплатная, в которой присутствует

ограничение на количество сущностей в объектной модели.

Fluent NHibernate гибко конфигурируется и при правильной настройке позволяет добиться достаточно высокой производительности. Его целесообразно использовать для работы со сложными запросами в крупных проектах. Для каждого класса объекта необходимо создавать класс, описывающий преобразование этого объекта в сущность базы данных. Для таблицы mdl_question в БД LMS Moodle нужно создать класс Question и класс QuestionMapping (рис. 7).

SQL-запрос, формируемый NHibernate идентичен SQL-запросу, полученному с помощью ADO.NET Entity Framework.

Что касается производительности трёх рассмотренных ORM-библиотек, то на всех запросах чтения данных из таблицы, содержащей около 3000 записей, они показывают хорошие результаты (в среднем 400 миллисекунд), немного быстрее оказался Fluent NHibernate, он справляется с задачей за 200 миллисекунд. Это стало определяющим фактором при выборе ORM-библиотеки для разработки конвертера учебных курсов, так как объём конвертируемых данных велик.

```
public class Question
{
    protected Question()
    {
    }

    public virtual int Id { get; set; }

    public virtual int Category { get; set; }

    public virtual string Name { get; set; }

    public virtual string QuestionText { get; set; }

    public virtual string Image { get; set; }
}

public class QuestionMapping : ClassMap<Question>
{
    public QuestionMapping()
    {
        Id(x => x.Id).Column("id");
        Map(x => x.Name).Column("name")
            .Not.Nullable();
        Map(x => x.Image)
            .Nullable().Column("image");
        Map(x => x.QuestionText)
            .Not.Nullable().Column("questiontext");
        Map(x => x.Category)
            .Not.Nullable().Column("category");
    }
}
```

Рис. 7. Пример работы с библиотекой Fluent NHibernate

В заключение хочется отметить, что не существует универсального

решения: в каких-то случаях скорость разработки играет большую роль и следует выбирать автогенерацию; в каких-то случаях важна гибкость настройки, в каких-то производительность, зачастую важны все критерии и приходится искать решения для достижения некоего баланса, но использовать технологию ORM несомненно стоит, так как все программные продукты должны быть спроектированы с учётом возможных изменений.

Литература

1. Зеленко Л.С., Шумская Е.А. Программа для автоматизированного создания тестов в среде LMS MOODLE// Сборник науч. трудов Междунар.научно-технич. конф. «Перспективные информационные технологии-2013». — Самара: изд-во СНЦ РАН, 2014. — С. 425-426.
2. Рихтер Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. — СПб.: «Питер», 2013. — 896 с.
3. Topten software. URL <http://www.toptensoftware.com/petapoco/>.
4. Шаблон разработки Model First для платформы Entity Framework. URL <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/data/jj205424.aspx>.
5. NHibernate Forge. URL <http://nhforge.org/>.

Афанасьевский Л.Б.¹, Горин А.Н.², Онуфриенко В.В.³

¹ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, к.т.н., доцент кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем), afleonid@yandex.ru

² ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, к.т.н., старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, algorin.algoral@mail.ru

³ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, к.т.н., начальник кафедры электрооборудования (и оптико-электронных систем)

Анализ стохастических сетевых графиков методом имитационного моделирования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Сетевой график, стохастичность, имитационное моделирование, программирование.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается подход к автоматизации анализа сетевых графиков для комплексов работ, характеризующихся неопределенностью времени их выполнения. Рассмотрены случаи, когда плотность вероятности для времени выполнения работ является треугольной и аппроксимированной двумя параболой, сопрягаемыми в точке экстремума. Программа анализа разработана в Delphi. Результатом является график для вероятности выполнения комплекса работ в зависимости от времени.

При планировании выполнения сложных комплексов работ одной из актуальных задач является анализ рисков, которые можно характеризовать вероятностью P выполнения работ за заданный директивный срок T_d :

$$P(\bar{T}_{кр} < T_d), \quad (1)$$

где $\bar{T}_{кр}$ — средняя продолжительность критического пути в сетевом графике, т.е. пути с наибольшей продолжительностью.

Такой подход обусловлен тем, что при планировании на практике наиболее реальной является стохастическая (вероятностная) сетевая модель, в которой время t_{ij} , затрачиваемое на осуществление операции a_{ij} , в общем случае является непрерывной случайной величиной, где i и j — номера вершин сетевого графика, соответствующие началу и концу операции.

Удовлетворительным вариантом плана считается, если значение вероятности находится в пределах $[1,3]$:

$$0,35 \leq P(\bar{T}_{кр} < T_d) \leq 0,65.$$

В выражении (1) продолжительность критического пути вычисляется по формуле [1]

$$\bar{T}_{кр} = \sum_{ij \in L_{кр}} \bar{t}_{ij}, \quad (2)$$

где \bar{t}_{ij} — среднее время выполнения работы a_{ij} ;

$L_{кр}$ — критический путь (путь от начального к завершающему событию, имеющий максимальную продолжительность).

Средние продолжительности работ и их дисперсии определяют методом вероятностных оценок [1]

$$\bar{t}_{ij} = \frac{3 \cdot t_{ij}^{\min} + 2 \cdot t_{ij}^{\max}}{5}, \quad (3)$$

$$\sigma_{ij}^2 = \left(\frac{t_{ij}^{\max} - t_{ij}^{\min}}{5} \right)^2. \quad (4)$$

где t_{ij}^{\min} , t_{ij}^{\max} — оптимистическая и пессимистическая оценки продолжительности работы a_{ij} , соответствующие благоприятным и неблагоприятным условиям проведения работ.

Вероятность (1) определяют из выражения

$$P(\bar{T}_{кр} < T_d) = \Phi \left(\frac{T_d - \bar{T}_{кр}}{\sigma_{T_{кр}}} \right), \quad (5)$$

где $\Phi^*(\cdot)$ — функция распределения вероятностей для нормального закона с нулевым математическим ожиданием и единичным среднеквадратичным отклонением;

$\sigma_{T_{кр}}$ — среднеквадратичное отклонение для продолжительности критического пути, вычисляемое по формуле

$$\sigma_{T_{кр}} = \sqrt{\sum_{ij \in L_{кр}} \sigma_{ij}^2}. \quad (6)$$

Расчеты по формулам (5) и (6) предполагают, что критический путь остается одним и тем же при случайных значениях t_{ij} , а меняется только его продолжительность.

Этот подход не в полной мере отражает реальную ситуацию, при которой из-за случайных значений времени выполнения отдельных работ могут изменяться не только продолжительность критического пути, но и сам критический путь.

В предположении изменения критического пути единственным способом получения значения искомой вероятности является *имитационное моделирование* сетевого графика, суть которого заключается в следующем:

- для данной структуры сетевого графика с помощью алгоритмических

датчиков случайных чисел формируются все случайные продолжительности работ t_{ij} , которые образуют реализацию сетевого графика;

- в полученной реализации сетевого графика определяется критический путь, для которого вычисляется продолжительность $T_{кр}$;
- описанная процедура повторяется достаточно большое количество раз N , в результате получается ряд случайных значений для продолжительностей критических путей (в общем случае эти пути являются различными): $T_{кр1}, T_{кр2}, T_{кр3}, \dots, T_{крN}$;
- каждое значение полученного ряда $T_{крi}$ сравнивается с директивным сроком выполнения плана T_d и вычисляется количество реализаций m , для которых выполняется неравенство $T_{кр} < T_d$;
- вычисляется приближенное значение вероятности выполнения плана в заданный срок в виде относительной частоты успешных испытаний

$$P(\bar{T}_{кр} < T_d) \cong \frac{m}{N}. \quad (7)$$

При описанной процедуре имитационного моделирования необходимо решить ряд частных задач, основными из которых являются:

- выбор закона распределения вероятностей для времени выполнения работ и определение алгоритма генерирования случайных чисел, соответствующих этому закону;
- выбор способа размещения информации о параметрах сетевого графика в памяти.

Генерирование случайных значений времени выполнения работ.

С физической точки зрения для случайного времени выполнения работ можно использовать распределения вероятностей, аппроксимированные либо треугольником, либо двумя параболой (рис. 1).

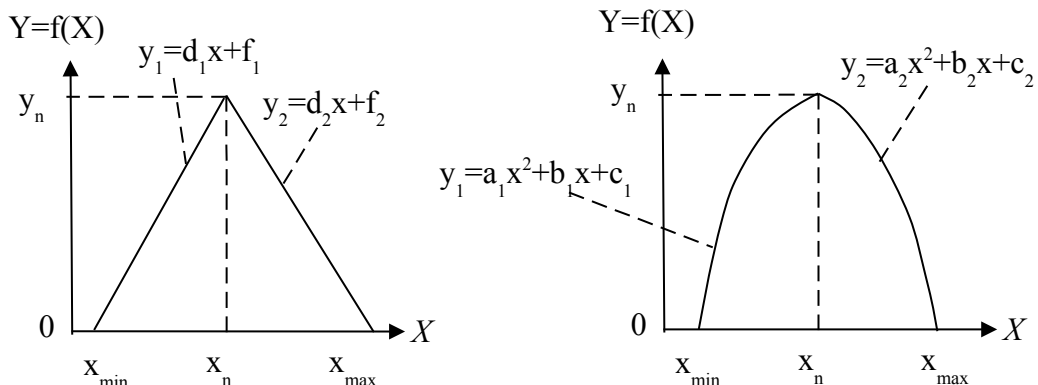


Рис. 1 — Треугольный и параболический законы распределения вероятностей

На рис.1 переменные x_{min} , x_n , x_{max} считаются известными и имеют смысл минимально допустимого t_{ij}^{min} , регламентного (номинального,

наиболее вероятного) t_{ij}^n и максимально допустимого t_{ij}^{\max} значений времени выполнения конкретной работы a_{ij} .

Для получения случайного числа x_i , $i=1, 2, \dots$ из совокупности случайных чисел, имеющих заданную функцию плотности распределения вероятностей $f(X)$, необходимо решить относительно x_i следующее интегральное уравнение:

$$\int_{-\infty}^{x_i} f(X) dX = \xi_i, \quad (8)$$

т.е. определить такое значение x_i , при котором функция распределения $F(x_i)$ равна ξ_i , где ξ_i — случайное число из равномерно распределенной в интервале $(0; 1)$ случайной последовательности.

Для аналитического решения уравнения (8) необходимо получить формульное представление функции $f(X)$.

Треугольное распределение характеризуется четырьмя неизвестными параметрами d_1, f_1, d_2, f_2 (рис. 1), которые необходимо определить через известные значения x_{\min}, x_n, x_{\max} .

Два уравнения, связывающие искомые параметры с известными, могут быть записаны для точек x_{\min}, x_{\max} , в которых $f(X)=0$.

Дополнительно для x_n можно записать

$$y_1(x_n) - y_2(x_n) = 0.$$

Четвертое уравнение получается на основе свойства плотности распределения вероятностей

$$\int_{x_{\min}}^{x_n} y_1(x) dx + \int_{x_n}^{x_{\max}} y_2(x) dx = 1.$$

Решая указанные четыре уравнения, получим для треугольного распределения:

$$y_1 = RT \cdot x - RT \cdot x_{\min}, \quad RT = \frac{2}{(x_{\max} - x_{\min})(x_n - x_{\min})};$$

$$y_2 = QT \cdot x - QT \cdot x_{\max}, \quad QT = \frac{2}{(x_{\max} - x_{\min})(x_n - x_{\max})}.$$

Для параболического распределения аппроксимирующие кривые на рис. 1 содержат шесть неизвестных параметров $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$, которые необходимо определить через известные значения x_{\min}, x_n, x_{\max} .

Для этого распределения четыре уравнения, связывающие искомые параметры с известными, будут теми же, что и для треугольного распределения.

Еще два уравнения можно записать для производных параболических функций в точке экстремума x_n :

$$\left. \frac{dy_i(x)}{dx} \right|_{x_n} = 0, \quad i = 1, 2.$$

Решая указанные шесть уравнений, получим для параболического распределения:

$$\begin{aligned} a_1 &= 1,5Q, \quad b_1 = -3x_n Q, \quad c_1 = 1,5x_{\min}(2x_n - x_{\min})Q, \\ a_2 &= 1,5R, \quad b_2 = -3x_n R, \quad c_2 = 1,5x_{\max}(2x_n - x_{\max})R, \\ Q &= \frac{1}{(x_n - x_{\min})^2(x_{\min} - x_{\max})}, \quad R = \frac{1}{(x_n - x_{\max})^2(x_{\min} - x_{\max})}. \end{aligned}$$

При определении случайного числа x_i в соответствии с интегральным уравнением (8) будут иметь место два случая:

$$\begin{aligned} 1) \quad x_{\min} \leq x_i \leq x_n, \quad \int_{x_{\min}}^{x_i} y_1(x) dx &= \xi_i, \\ 2) \quad x_n \leq x_i \leq x_{\max}, \quad \int_{x_{\min}}^{x_n} y_1(x) dx + \int_{x_n}^{x_i} y_2(x) dx &= \xi_i. \end{aligned} \quad (9)$$

Интегрируя (9) для треугольного распределения и проводя несложные преобразования, получим относительно простые формулы для вычисления случайных чисел x_i :

$$\begin{aligned} 1) \quad x_i &= \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4A \cdot C}}{2A}, \quad A = d_1/2, \quad B = f_1, \quad C = -f_1 x_{\min} - d_1 \frac{(x_{\min})^2}{2} - \xi_i, \\ 2) \quad x_i &= \frac{-B1 + \sqrt{B1^2 - 4A1 \cdot C1}}{2A1}, \quad A1 = d_2/2, \quad B1 = f_2, \\ C1 &= \xi_n - f_2 x_n - d_2 \frac{(x_n)^2}{2} - \xi_i. \end{aligned}$$

Выбор между первой и второй формулами для генерирования случайной величины x_i , подчиненной треугольному распределению вероятностей, определяется величиной ξ_n ; при $0 \leq \xi_i < \xi_n$ используется первая формула, при $\xi_n \leq \xi_i \leq 1$ — вторая, где граничная величина ξ_n определяется из уравнения

$$\int_{x_{\min}}^{x_n} y_1(x) dx = \xi_n.$$

Для параболического распределения при $\xi_i < \xi_n$ случайное число x_i определяется из уравнения

$$a_1 \frac{x_i^3}{3} + b_1 \frac{x_i}{2} + c_1 x_i = \xi_i + a_1 \frac{x_{\min}^3}{3} + b_1 \frac{x_{\min}^2}{2} + c_1 x_{\min}, \quad (10)$$

а для $\xi_i \geq \xi_n$ — из уравнения

$$a_2 \frac{x_i^3}{3} + b_2 \frac{x_i}{2} + c_2 x_i = \xi_i + a_2 \frac{x_n^3}{3} + b_2 \frac{x_n^2}{2} + c_2 x_n - \xi_n, \quad (11)$$

$$\text{где } \xi_n = \frac{a_1}{3}(x_n^3 - x_{\min}^3) + \frac{b_1}{2}(x_n^2 - x_{\min}^2) + c_1(x_n - x_{\min}).$$

Решение кубических уравнений (10), (11) в программе выполняется методом «золотого сечения», при этом процедура поиска прекращается, если погрешность решения $\delta \leq \varepsilon \cdot (x_{\max} - x_{\min})$, где $\varepsilon < 0,001$.

Структуры данных для сетевого графика. Структуру сетевого графика можно задать с помощью двух одномерных массивов Ind1 и Ind2, в которых следует указать индексы работ, являющиеся номерами связываемых вершин. Длина каждого из этих массивов должна быть равна количеству работ в сетевом графике. Исходная нумерация вершин графа может быть произвольной. В программе осуществляется автоматическая перенумерация вершин графа в соответствии с их рангами.

Кроме информации о структуре графа необходимо для каждой работы указать минимальное, номинальное и максимальное значения времени ее выполнения. Эти данные хранятся в двумерном массиве T[nr,3], где nr — количество работ в сетевом графике.

Пример исходных данных для графа, представленного на рис. 2, приведен в табл. 1. Указанные исходные данные для сетевого графика записываются в файл текстового формата.

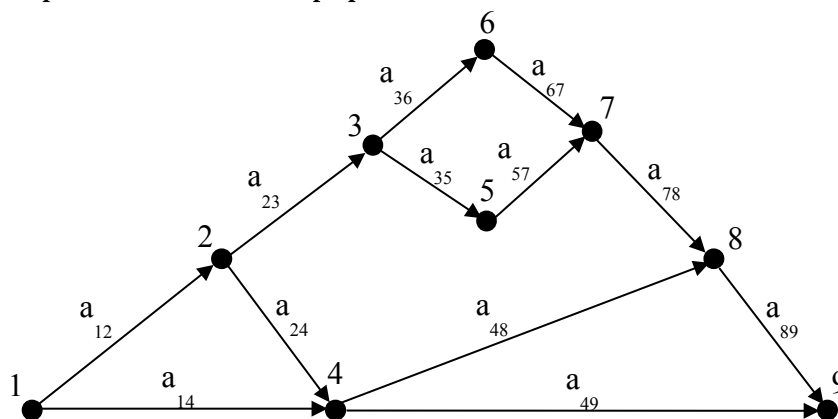


Рис. 2. Пример сетевого графика работ по техническому обслуживанию радиоэлектронного средства

Перенумерация вершин графа. Для относительно сложных структур графов нумерация вершин вручную является довольно громоздкой процедурой и не гарантирует от ошибок. Критерием правильности нумерации является наличие связей только от меньших номеров к большим. В этом случае ненулевые элементы матрицы смежности будут находиться только над главной диагональю и, следовательно, известные методы поиска путей максимальной длины могут применяться корректно.

В программе предусмотрена автоматическая перенумерация вершин графа. В исходных данных номера вершин могут быть взяты произвольно, но при этом должны выполняться два условия:

- исходная вершина должна иметь номер 1;

- номера остальных вершин должны быть целыми положительными числами, выбранными из последовательности 2, 3, ..., mv , где mv — количество вершин.

Таблица 1 — Исходные данные для сетевого графика

Номер работы	Исходное событие (начальный индекс Ind1)	Конечное событие (конечный индекс Ind2)	Минимальное время выполнения работы t^{\min} , дни, (T[i,1])	Наиболее вероятное время выполнения работы t^n , дни, (T[i,2])	Максимальное время выполнения работы t^{\max} , дни, (T[i,3])
1	1	2	5	7	9
2	1	4	8	10	12
3	2	3	1	2	4
4	2	4	2	3	4
5	3	6	2	3	4
6	3	5	9	10	11
7	6	7	5	6	7
8	5	7	7	8	9
9	7	8	4	5	6
10	8	9	3	4	5
11	4	8	1	2	3
12	4	9	0,8	1	2

Процедура перенумерации предусматривает определение рангов всех событий (вершин графа) сетевого графика и задание больших номеров вершинам с большими рангами. Вершины с одинаковыми рангами нумеруются в произвольном порядке последовательными номерами.

Под *рангом* события понимается максимальное количество работ, которые должны быть завершены, чтобы наступило данное событие.

Рассмотрим процедуру перенумерации на примере графа, представленного на рис. 3. Около каждой вершины указан ее номер, заданный произвольно.

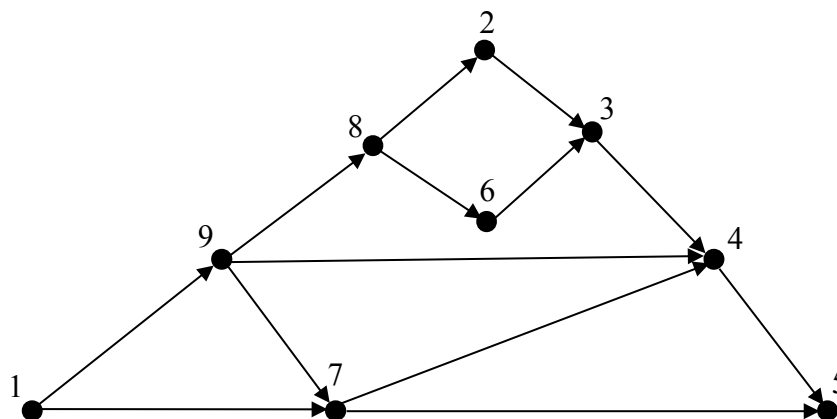


Рис. 3. Пример графа с произвольной нумерацией вершин
Матрица смежности для этого графа будет иметь вид:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Из рис. 3 легко визуально определить ранги r_i всех событий S_i , $i=1, 2, \dots, mv$, где $mv = 9$.

r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9
0	3	4	5	6	3	2	2	1

Тогда в соответствии с определенными рангами исходные номера вершин будут заменены новыми в соответствии с рангами:

Старые номера	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Новые номера	1	5	7	8	9	6	3	4	2

Граф с новыми номерами будет иметь вид, представленный на рис. 4.

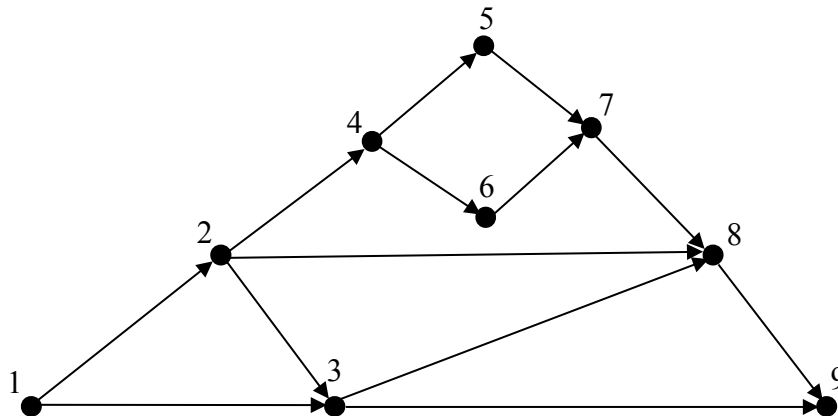


Рис. 4. Граф с перенумерованными вершинами

Матрица смежности для графа, изображенного на рис. 4, будет иметь следующий вид:

$$M1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Определение продолжительности критического пути в сетевом графике. Особенность рассматриваемой задачи заключается в том, что критический путь и его продолжительность должна определяться для каждой реализации имитационной модели. Это обусловлено тем, что случайные продолжительности работ могут иметь достаточно широкий разброс, что может приводить к изменению критического пути.

На основе информации о продолжительности критического пути принимается решение о возможности выполнения комплекса работ за заданный директивный срок T_d .

Известны алгоритмы анализа структур ориентированных графов различного вида, основой которых является использование матриц смежности и матриц инцидентий. Поскольку изначально принята ориентация на структуры данных в виде массивов, то требуется использование алгоритма, учитывающего специфику сетевых моделей (отсутствие топологических циклов) и ориентированного на использование представления параметров сетевых моделей в табличном виде.

В программе используется вариант алгоритма поиска в глубину и включает в себя реализацию следующих основных действий:

- просмотр по очереди вершин сетевого графика, начиная со второй;
- определение максимальной продолжительности пути от исходной вершины до просматриваемой и сохранение найденного значения в элементе массива с номером, соответствующем номеру вершины. Сохраненное значение используется в процессе поиска максимальных путей для последующих просматриваемых вершин;
- определение продолжительности критического пути как пути с максимальной продолжительностью от исходной вершины до конечной.

Построение графика зависимости вероятности выполнения работ как функции директивного срока. Множество реализаций сетевого графика при имитационном моделировании позволяет определить вероятность выполнения комплекса работ для конкретного значения

директивного срока T_d . Для построения графика зависимости вероятности выполнения работ как функции директивного срока определяется диапазон изменения T_d в соответствии с *правилом трех сигм* [2]

$$T_d^{\min} = \bar{T}_{кр} - 3\sigma_{T_{кр}}; \quad T_d^{\max} = \bar{T}_{кр} + 3\sigma_{T_{кр}},$$

где $\bar{T}_{кр}$ и $\sigma_{T_{кр}}$ вычисляются по формулам (2)-(4), (6).

Диапазон изменения T_d просматривается с некоторым шагом

$$\Delta T_d = (T_d^{\max} - T_d^{\min}) / n,$$

где n — количество точек для построения графика ($n=40-60$).

В каждой точке выполняется имитационное моделирование сетевого графика и определяется оценка вероятности в соответствии с формулой (7). Количество реализаций сетевого графика выбирается достаточно большим, чтобы обеспечить гладкость графика.

Результаты работы. В соответствии с изложенными теоретическими положениями разработана программа анализа стохастических сетевых моделей в среде Delphi, позволяющая сформировать график зависимости для вероятности выполнения работ как функцию директивного срока. Окно программы приведено на рис. 5.

Программа используется как для проведения практических расчетов в системе оперативно-календарного планирования ремонтов техники специального назначения, так и для обучения курсантов вопросам сетевого планирования.

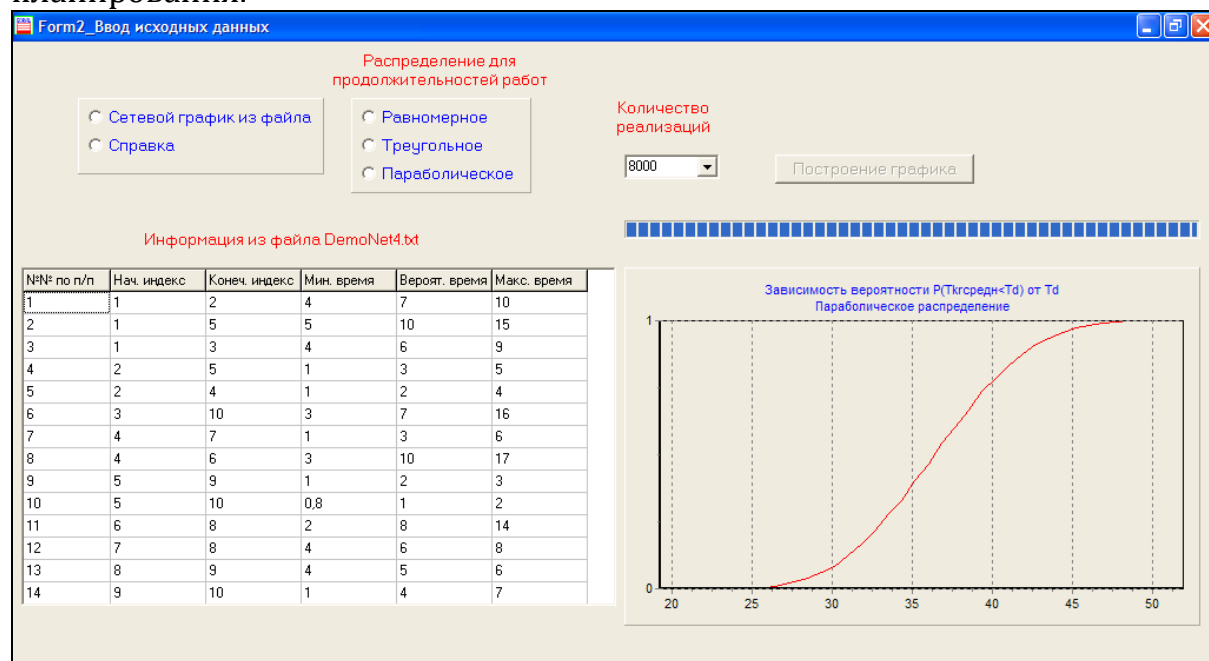


Рис. 5. Окно программы анализа сетевого графика для определения времени выполнения работ с заданной вероятностью

Литература

1. Фадин А.Г. Моделирование радиоэлектронных систем на ЭВМ. — Воронеж: ВПРЭ, 2000. — 493 с.

2. Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. — 496 с.
3. Абрамов П.Б., Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Фадин А.Г. Основы компьютерного проектирования и моделирования РЭС. Лабораторный практикум. Под редакцией профессора Фадина А.Г. — Воронеж: ВИРЭ, 2002. -268с.

**СЕКЦИЯ 5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И
КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ**

Васильев И.¹, Гайдамака Ю.В.², Самуйлов А.К.³

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва, магистр кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, iuvasiliev@gmail.com

² Российский университет дружбы народов, г. Москва, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, [ygaidamaka@mail.ru](mailto:ygidamaka@mail.ru)

³ Российский университет дружбы народов, г. Москва, аспирант кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, aksamuylov@gmail.com

Анализ вероятности непрерывного воспроизведения потокового видео в P2P-сети с помощью имитационного моделирования⁹

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

P2P, одноранговая сеть, цепь Маркова, вероятность непрерывного воспроизведения, задержки передачи данных, стратегия загрузки данных.

АННОТАЦИЯ

В статье исследуется механизм передачи данных в потоковой одноранговой сети (P2P – peer-to-peer). Для построенной в виде дискретной цепи Маркова математической модели буферизации данных разработана имитационная модель, учитывающая размер буфера оборудования пользователей, вероятности подключения и отключения пользователей P2P-сети, задержки распространения данных, скорости загрузки и отдачи данных и применяемую в сети стратегию загрузки данных. С помощью имитационного моделирования рассчитан основной показатель качества восприятия пользователем услуги потокового вещания в P2P-сети — вероятность непрерывного воспроизведения. Для иллюстрации приведен пример расчета для каждой позиции буфера вероятности наличия порции данных на позиции и вероятности загрузки порции данных на позицию в зависимости от скорости отдачи видеоданных.

Пользователем P2P-сети становится любой пользователь Интернета, оборудование которого поддерживает программное обеспечение торрент-клиента для поиска и загрузки файлов или потокового видео. Оборудование таких пользователей образует наложенную (поверх Интернета) сеть, в которой каждый пользователь взаимодействует с множеством других пользователей (соседей) и загружает от них необходимую ему информацию. Одновременно пользователь отдает свои

⁹ Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-00090.

данные другим пользователям, соседом которых он является. P2P-сети являются децентрализованными, поскольку в одноранговой сети нет единого сервера – хранилища информации. В сети может присутствовать сервер-источник информации, однако пользователи получают информацию не только от него, но и от своих соседей. Информация (файлы, мультимедийные данные) распределена между пользователями сети: каждый пользователь имеет часть общей базы данных, причем копии имеются одновременно у нескольких пользователей сети. В потоковых P2P-сетях пользователи загружают и воспроизводят поток мультимедийных данных, например, данные вещательного телевидения. Задержки передачи данных являются важным показателем для потоковых сетей, поскольку порция данных после окончания воспроизведения не будет участвовать в дальнейшем обмене. Пауза и/или пропуск одной или нескольких порций данных при воспроизведении потока снижает качество восприятия услуги пользователем, что проявляется в результате «замораживания» изображения на экране, десинхронизации звука и изображения и других отрицательных эффектах. Применение механизма буферизации данных позволяет улучшить качество воспроизведения и повысить вероятность того, что пользователь успеет найти в сети недостающие порции данных.

Модель, построенная в данной статье, позволяет исследовать один из основных показателей качества восприятия (QoE, Quality of Experience)— вероятность непрерывного просмотра (playback continuity), которая соответствует вероятности того, что пользователь успел загрузить ближайшую к воспроизведению порцию данных до момента ее использования. В статье сформулированы принципы построения модели, которая учитывает размер буфера оборудования пользователей, вероятности подключения и отключения пользователей к P2P-сети, задержки распространения данных, скорости загрузки и отдачи данных и применяемую в сети стратегию загрузки данных. Проведен численный анализ вероятности непрерывного просмотра видеопотока пользователем.

Для построения модели буферизации данных определим понятие буфера (далее – буфер пользователя) как области памяти терминала пользователя, предназначенной для кэширования недавно загруженных порций данных. На рис. 1 показаны схемы буферов пользователей, где цифрами обозначены номера мест в буфере. В приведенном примере у i -пользователя имеются все порции данных, а у j -пользователя не загружены порции «С», «F» и «G», поэтому буферные карты этих пользователей имеют вид «11111111» и «110011011» соответственно.

Заметим, что вновь подключившийся к сети пользователь имеет пустой буфер, а при отключении пользователя от сети он лишает оставшихся пользователей возможности загрузить от него порции данных. Таким образом, и подключения, и отключения пользователей ухудшают показатели качества функционирования сети. Необходимо учитывать их в модели, что сделано с помощью вероятностей α и β —вероятностей

подключения и отключения пользователя от сети соответственно.

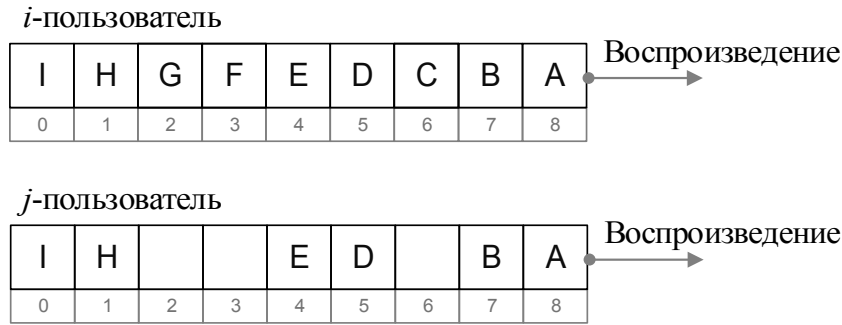


Рис. 1. Пример схем буферов пользователей P2P-сети

На качество воспроизведения влияют также задержки передачи информации от сервера-источника данных – так называемые «лаги» (см. пример на рис. 2). Лаг определяет сдвиг по времени между пользователями, воспроизводящими один и тот же поток видео.

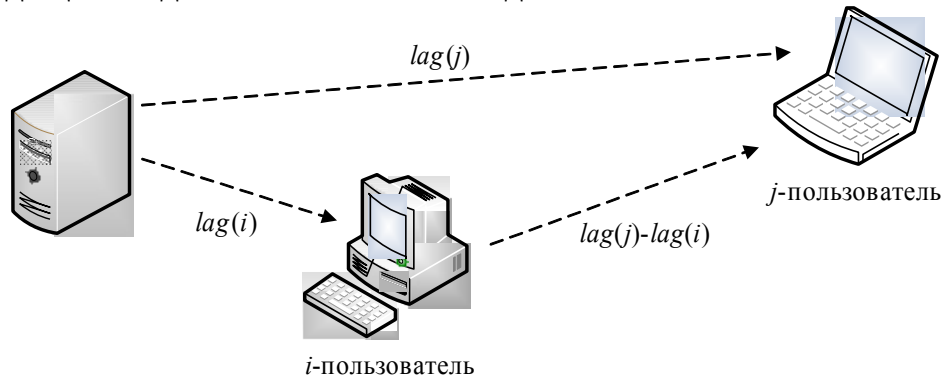


Рис. 2. Сдвиги по времени (лаги) между пользователями P2P-сети

Значения лагов могут достигать нескольких секунд. Например, при трансляции футбольного матча, когда *i*-пользователь, показанный на рис. 3, видит на экране, как вратарь вынимает мяч из ворот (порция данных «F»), *j*-пользователь видит момент гола (порция данных «C»), а *n*-пользователь в это же время видит ещё только передачу, приведшую к голу (порция «A»). Лаги оказывают влияние на показатели качества функционирования сети, поскольку они уменьшают «пересечения» зон в буферах, в которых содержатся доступные для обмена порции данных.

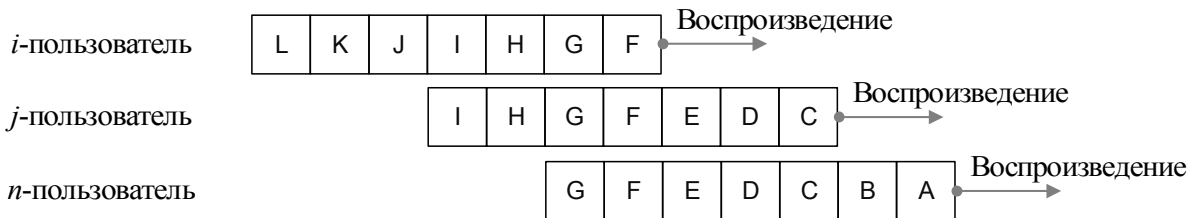


Рис. 3. Влияние лагов на пересечение буферов пользователей потоковой P2P-сети

Важными параметрами, влияющим на показатели качества функционирования сети, являются ограничения на максимально доступные скорости загрузки $d(n)$ и отдачи $u(n)$ данных, которые для разных пользователей могут отличаться в зависимости от типа подключения, фонового трафика и других условий, что проиллюстрировано

на рис. 4.

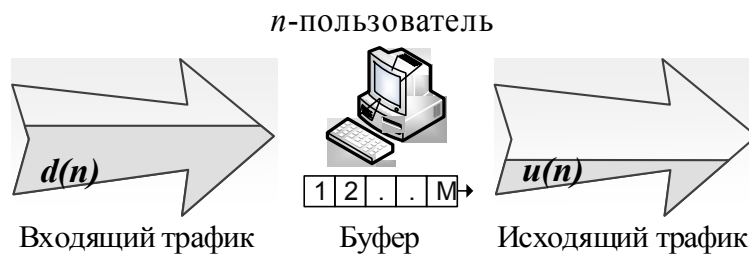


Рис. 4. Скорости загрузки и отдачи данных

Для большинства пользователей выполняется условие $d(n) > u(n)$, поскольку максимальная скорость загрузки из сети выше максимальной скорости отдачи данных в сеть. Таким образом, даже если согласно буферной карте у целевого пользователя (h -пользователя на рис. 5) имеются все недостающие порции данных, n -пользователь может не успеть загрузить их все из-за ограничения на скорость отдачи $u(n)$ целевого пользователя.

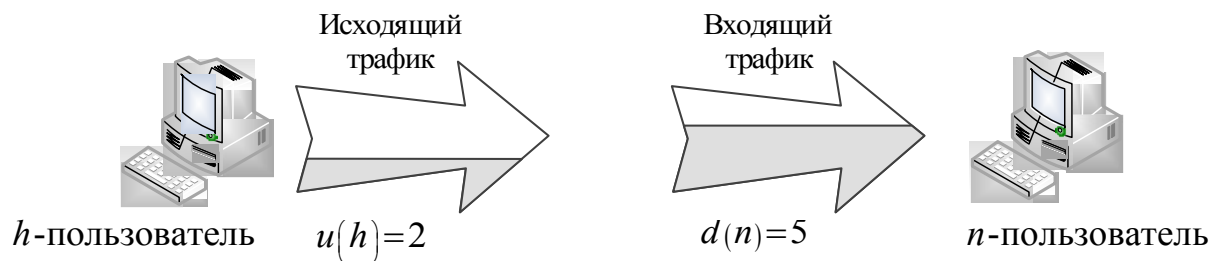


Рис. 5. Ограничения на скорости загрузки и отдачи данных

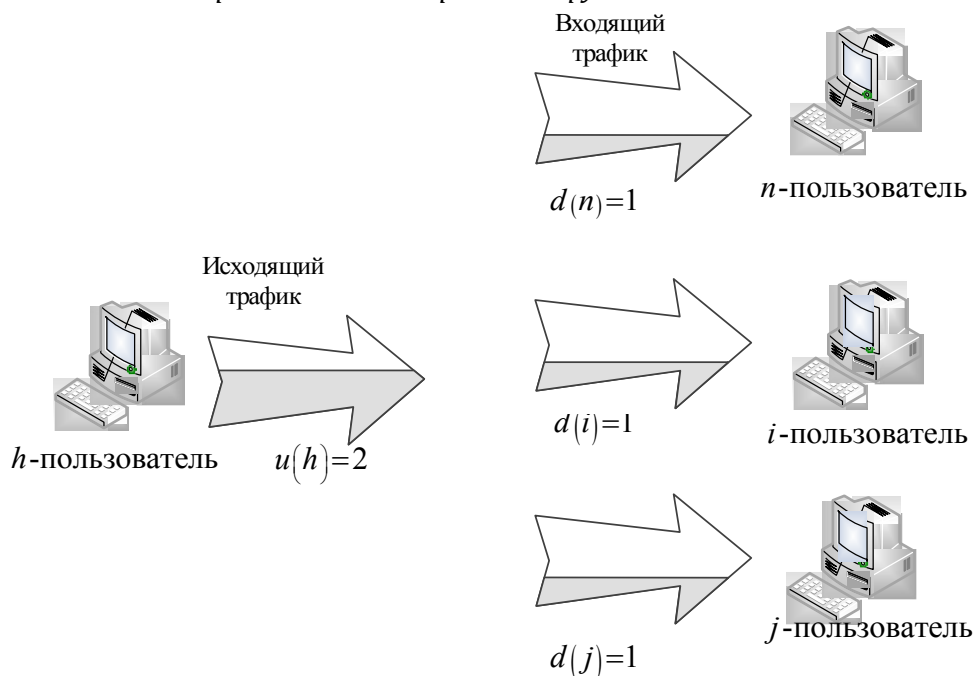


Рис. 6. Пример коллизии

Ещё один пример неуспешной попытки загрузки порций данных - случай, когда пользователь (h -пользователь на рис. 6) был выбран в качестве целевого несколькими другими пользователями сети (n -, i -, j -

пользователи). В этом случае может возникнуть коллизия – ситуация, когда скорости $u(h)$ целевого пользователя не хватает для отдачи всех данных, запрошенных выбравшими его соседями.

В случае, когда согласно буферной карте у целевого пользователя имеется несколько порций данных из числа недостающих, но загрузка их всех невозможна из-за ограничения на скорость отдачи целевого пользователя, необходимо определить, какие именно из доступных порций данных будут выбраны для загрузки от целевого пользователя. Это определяется с помощью стратегии выбора порции данных для загрузки, т.е. определение номера места в буфера для загрузки очередной порции данных [7, 10, 11]. Наиболее известными стратегиями выбора порций данных в потоковых P2P-сетях являются стратегии Rarest First (RF) и Greedy (Gr). В соответствии со стратегией RF пользователь пытается загрузить реже всего встречающиеся в сети порции данных, а при стратегии Gr выбираются наиболее близкие к моменту воспроизведения порции данных. В P2P-сетях применяется также многоуровневое кодирование данных, что позволяет загружать потоковое видео с разными уровнями качества. Пользователю не всегда целесообразно загружать данные для просмотра в высоком качестве, если технические возможности его соседей - скорость загрузки или характеристики видеоплеера - позволяют просматривать видео лишь в более низком качестве. Стратегия загрузки определяет порции загружаемые данных с учетом уровня качества воспроизведения пользователя. Выбор стратегии существенно влияет на вероятностно-временные характеристики системы. Так, при использовании стратегии RF повышается вероятность непрерывного просмотра, стратегия Gr снижает задержку начала воспроизведения видеопотока. Применение стратегии, учитывающей требования пользователей к уровням качества просмотра видео, позволяет оптимизировать функционирование сети по нескольким критериям.

Учитывая перечисленные выше параметры P2P-сети, предлагается проводить анализ показателей ее функционирования с помощью следующей модели сети:

$$Z = \langle N, M, \alpha, \beta, lag, d, u, \delta \rangle,$$

где N – число пользователей в сети; M – размер буфера каждого из пользователей; $\alpha = (\alpha(1), \dots, \alpha(N))$ – вероятности подключения пользователей; $\beta = (\beta(1), \dots, \beta(N))$ – вектор вероятностей отключения пользователей от сети; $lag = (lag(1), \dots, lag(N))$ – вектор задержек передачи информации; $d = (d(1), \dots, d(N))$ и $u = (u(1), \dots, u(N))$ – скорости загрузки и отдачи соответственно; δ – стратегия загрузки данных. Заметим, что ранее в работах [3-11] исследовались различные частные случаи модели (1).

Не ограничивая общности дальнейшего изложения, рассмотрим сеть с одним сервером-источником и N пользователями, где буфер любого пользователя имеет $(M + 1)$ место для хранения порций данных. Места с

номера $m = 1$ до номера $m = M$ предназначены для загрузки данных от других пользователей, а место $m = 0$ предназначено для загрузки данных от сервера. Пусть t_l – момент начала воспроизведения l -й порции данных. Будем считать, что длина такта, принятого за единицу времени, соответствует длительности воспроизведения одной порции данных.

В момент t_l для каждого пользователя, не подключенного к сети, с вероятностью α , одинаковой для всех пользователей сети, разыгрывается возможность его появления в сети, а для каждого пользователя, находящегося в сети, с вероятностью β , также одинаковой для всех пользователей сети, разыгрывается возможность его ухода из сети. Далее для всех пользователей происходит сдвиг буфера, когда порция данных, находившаяся на M -месте, отправляется на воспроизведение, все остальные порции сдвигаются на одну позицию ближе к концу буфера, а 0-место становится свободным. В момент $t_l + 0$ сервер случайным образом выбирает пользователя и загружает ему порцию данных на 0-место буфера. Пользователи, которых сервер не выбрал для загрузки, выполняет следующие действия. Если в его буфере есть пустые места, то он случайным образом выбирает целевого пользователя и пытается загрузить от него недостающие порции данных. Если у целевого пользователя найдётся хотя бы одна порция данных из тех, что отсутствуют, то попытка загрузки будет успешной. Если таких порций несколько, то номер места для загрузки определяется в соответствии со стратегией загрузки. Пользователь не сможет ничего загрузить в одном из трех случаев. Если в начале такта все места с 1-го по M -ое заполнены, если у целевого пользователя нет ни одной порции данных из отсутствующих, и, наконец, если у целевого пользователя не хватает скорости отдачи. В момент $t_{l+1} - 0$ непосредственно перед окончанием такта все порции данных, которые пользователи сети начали скачивать на этом такте, считаются загруженными. На следующем такте описанный выше процесс повторяется.

Для рассматриваемой сети состояние n -пользователя представлено парой $z(n) = (a(n), x(n))$, где $a(n)$ – индикатор присутствия пользователя в сети и $x(n)$ – состояние его буфера. Напомним, что порция данных, которая будет отправлена на воспроизведение на ближайшем такте, находится на M -месте и, если на каждом такте M -место буфера пользователя заполнено, то пользователь будет просматривать видео без пауз в воспроизведении.

Искомой характеристикой рассматриваемой системы является вероятность непрерывного просмотра, а именно вероятность $V(n)$ того, что n -пользователь смотрит видео без перерывов в воспроизведении. В построенной модели это вероятность того, что n пользователь в конце такта на M -месте буфера имеет порцию данных.

Численный анализ проведен для случая $N = 300$, $M = 40$, число соседей для каждого пользователя выбрано равным 60, скорости загрузки пользователей $d(n) = M$, в сети применяется стратегия RF. Все множество пользователей разбито на три равных по мощности непересекающихся

подмножества с лагами (задержками воспроизведения) 0, 10 и 20 тактов так, что задержка для всех пользователей внутри одной группы одинакова. Задача анализа вероятности непрерывного воспроизведения для групп пользователей с различными задержками передачи данных от сервера была решена средствами имитационного моделирования. Для краткости изложения алгоритм имитационной модели в статье не приводится.

На рис. 7 приведен график вероятности наличия порции данных в m -позиции буфера, а на рис. 8 - график вероятности загрузки порции данных в соответствующие позиции буфера в зависимости от скорости отдачи видеоданных $u(n) = \{1, 2, 3, 4, 5\}$.

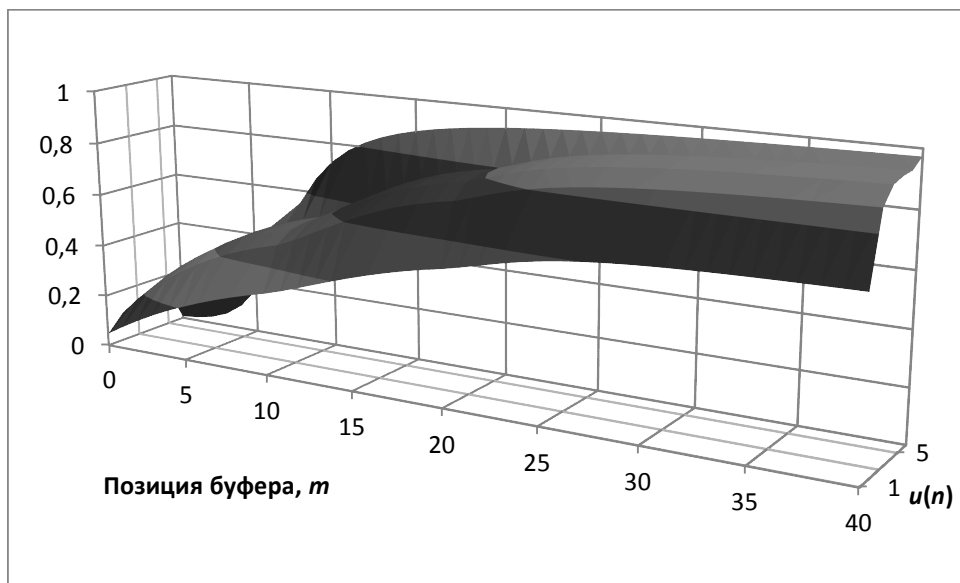


Рис. 7. Вероятность наличия порции данных в буфере

Невысокая вероятность найти порцию данных в позициях буфера с небольшими порядковыми номерами объясняется тем, что соответствующие порции данных реже встречаются в сети по сравнению с порциями данных в позициях буфера, близких к воспроизведению. Ещё один наблюдаемый на графиках рис. 7 эффект состоит в том, что начиная с позиции $m = 10$, чем выше скорость отдачи видеоданных $u(n)$, тем выше вероятность найти порцию данных в позициях буфера с одним и тем же порядковым номером. Это подтверждает факт, что при высоких скоростях отдачи видеоданных $u(n)$ буфер заполняется быстрее.

График на рис. 8 соответствует описанным выше закономерностям. Заметим, что загрузка порции данных в позицию буфера произойдёт при наступлении двух событий: у загружающего пользователя нет порции в соответствующей позиции, у целевого пользователя есть порция в соответствующей позиции. Поскольку вероятность наличия порции данных на позициях буфера с небольшими порядковыми номерами невысока, то согласно рассмотренной стратегии RF пользователи будут пытаться в первую очередь заполнить именно эти позиции буфера.

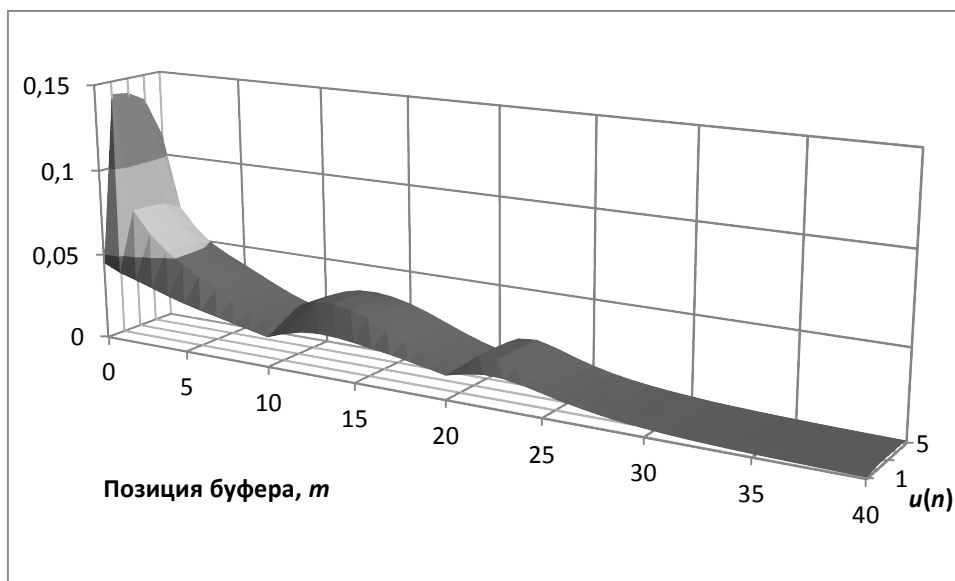


Рис. 8. Вероятность загрузки порции данных в буфер

Волны на графике при $m = 12$ и $m = 22$ связаны с лагами, различными для трех групп пользователей. Так, пользователи первой группы с лагом 0 могут загружать порции данных только от своих соседей по группе. Пользователи второй группы с лагом 10 – уже не только от своих соседей по второй группе, но и от пользователей первой группы. Судя по графику, порции $m = 10$ и $m = 11$ ещё недостаточно распространены в сети, чтобы попытки загрузить их оказались успешными, а порция $m = 12$ – самая популярная для обмена порция для пользователей первой и второй групп. Аналогичные рассуждения справедливы для порций $m = 20$, $m = 21$ и $m = 22$. Общее падение вероятности загрузки порции данных с ростом порядкового номера позиции в буфере объясняется тем, что близкие к воспроизведению порции данных с высокой вероятностью уже имеются в буфере пользователей, поэтому не производится даже попыток загрузить порцию данных в позиции, близкие к воспроизведению. Заметим, что скорости отдачи видеоданных $u(n)$ на вероятность загрузки порции данных практически не влияют.

Задачами дальнейших исследований являются анализ влияния коллизий при загрузке данных на показатели качества функционирования P2P-сети, а также разработка модели сети с учетом часовых поясов и длительности пребывания пользователей в сети [12,13].

Литература

1. IETF RFC 6972: Problem Statement and Requirements of the Peer-to-Peer Streaming Protocol (PPSP). <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc6972/>
2. IETF Survey of P2P Streaming Applications. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-ppsp-survey/>
3. Yuliya Gaidamaka, Ivan Vasiliev, Andrey Samuylov, Konstantin Samouylov, and Sergey Shoragin. Simulation of Buffering Mechanism for Peer-to-Peer Live Streaming Network with Collisions and Playback Lags // Proc. of the 13th Int. Conf. on Networks (ICN 2014), February 23—27, 2014. Nice, France. Pp. 86-91.

4. Yuliya Gaidamaka and Andrey Samuylov. Analytical Modeling of Playback Continuity in P2P Streaming Network with Latest First Download Strategy // Lecture Notes in Computer Science. – Germany, Heidelberg, Springer-Verlag. – 2013. – Vol. 8121. Pp. 363-370.
5. Yu. Gaidamaka On mathematical modeling of P2P streaming networks // Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications (DCCN-2013), Moscow: JSC “TECHNOSPHERA”, 2013. – Pp. 188-190.
6. Yuliya Gaidamaka, Andrey Samuylov, and Konstantin Samouylov. Mathematical Modeling and Performance Analysis of P2P Streaming Networks // Int. Conf. INTHTEN (INternet of THings and ITs ENablers), 3-4 June 2013. St Petersburg, Russia. Pp. 69-81.
7. Гайдамака Ю.В., Самуйлов А.К. Анализ стратегий заполнения буфера оборудования пользователя при предоставлении услуги потокового видео в одноранговой сети // Т-Comm—Телекоммуникации и Транспорт. 2013.—№11. – С.30-32.
8. А. Адаму, Ю.В. Гайдамака Анализ вероятности непрерывного воспроизведения видеопотока в P2P-сети // «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика.» – М.: Изд-во РУДН. – 2011. – №4. С. 38-46.
9. Амину Адаму, Ю.В. Гайдамака Аппроксимация нормальным законом вероятностных характеристик модели сети P2P TV // «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика.» – М.: Изд-во РУДН. – 2011. – №3. С. 63-68.
10. Aminu Adamu, Yuliya Gaidamaka, and Andrey Samuylov. Discrete Markov Chain Model for Analyzing Probability Measures of P2P Streaming // Lecture Notes in Computer Science. – Germany, Heidelberg: Springer. – 2011. – Vol. 6869. Pp. 428-439.
11. Адаму А., Гайдамака Ю.В., Самуйлов А.К. Построение и анализ модели воспроизведения каналов вещательного телевидения в P2P сети // «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика.» – М.: Изд-во РУДН. – 2010. – №3(1). - С. 47-53.
12. How many Internet users are there in your time zone? (infographic) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://royal.pingdom.com/2013/02/12/internet-users-time-zone/>, свободный (дата обращения 01.10.2014).
13. Study shows that in-app advertising is more effective than television or internet ads [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.phonearena.com/news/Study-shows-that-in-app-advertising-is-more-effective-than-television-or-internet-ads_id22556/, свободный (дата обращения 01.10.2014).

Гудкова И.А.¹, Острикова Д.Ю.²

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва,
к.ф.-м.н, доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей,
igudkova@sci.pfu.edu.ru

² Российский университет дружбы народов, г. Москва,
ассистент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей,
dyostrikova@sci.pfu.edu.ru

К анализу среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания, в модели сети LTE с временным выделением полосы частот¹⁰

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

LTE, LSA, СМО с ненадежными приборами, рекуррентный алгоритм, недоступность услуги.

АННОТАЦИЯ

В современных сетях мобильной связи наблюдается значительный рост объема передаваемых данных. В связи с этим возникает потребность в использовании дополнительных частотных полос для передачи информации. Для решения данной проблемы в сетях LTE применяется технология LSA (Licensed Shared Access), которая позволяет оператору расширить используемый спектр частотных полос на части базовых станций при помощи аренды дополнительной полосы. Однако, поскольку выделенная оператору дополнительная полоса частот может в любое время быть возвращена владельцу, возникают задержки в предоставлении услуг пользователям. В данной статье авторами построена модель соты сети LTE с временным выделением полосы частот, а также получена формула для расчета основной характеристики системы – среднего числа пользователей, которым недоступна услуга, т.е. среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания, и среднего числа пользователей, обслуживание которых было прервано.

Введение

В условиях быстрого роста объема передаваемого трафика по сетям мобильной связи современные методы организации сетей передачи данных становятся неэффективными и недостаточными для удовлетворения потребностей пользователей [1]. При этом дальнейшее расширение полосы частот для передачи данных не имеет смысла,

¹⁰ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-00953 а.

поскольку при увеличении частоты уменьшается дистанция возможной передачи, а также возрастает потребление энергии, что является нежелательным.

В современных сотовых сетях LTE имеется возможность управления, как временными, так и частотными ресурсами, что позволяет гибко перераспределять ресурсы между пользователями [2,3,4]. Данная особенность позволяет использовать технологию LSA (Licensed Shared Access) для увеличения скорости передачи данных в сети или увеличения емкости базовой станции соты. Данная технология заключается в том, что оператор арендует дополнительную частотную полосу у государства или другого регулятора (например, другого оператора) на определенное время. При этом данная частотная полоса не является надежной, поскольку может в любое время быть возвращена владельцу. Вследствие этого возникают задержки в предоставлении услуг пользователям, которые обслуживались на дополнительной полосе частот [5].

В данной статье авторами построена модель соты сети LTE с временным выделением полосы частот в виде многолинейной системы с ненадежными приборами [6], а также получена формула для расчета среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания.

Время недоступности услуги пользователю

Рассматривается сота сети LTE с пиковой пропускной способностью, заданной в единицах канального ресурса (ЕКР) [бит/с], поддерживающая предоставление услуги с требованием в 1 ЕКР, например, телефонии. Распределение ЕКР осуществляет БС соты, которая использует только дополнительную полосу частот для обслуживания абонентов. При этом, базовая полоса частот не используется. Дополнительная полоса может быть изъята из использования только во время обслуживания запросов пользователей, вызывая тем самым задержки в предоставлении услуги. Для хранения запросов пользователей имеется буфер. При изъятии дополнительной полосы ни одна ЕКР не может быть выделена для обслуживания запросов пользователей, поэтому предоставление услуги приостанавливается вплоть до момента восстановления БС. После того, как дополнительная полоса вновь станет доступна, приоритет будут иметь те пользователи, обслуживание которых было прервано. При поступлении запроса БС резервирует свободную ЕКР для его обслуживания. Если же все ЕКР заняты, то запрос помещается в буфер. В случае если в буфере нет свободных мест, запрос блокируется. Услуга будет предоставлена пользователю без прерывания, если за это время не произойдет изъятие владельцем дополнительной полосы. Если же за время предоставления услуги полоса будет изъята, то возникнет задержка до момента ее доступности, далее услуга будет предоставляться с того момента, на котором была прервана [7].

Таким образом, с точки зрения пользователя важным является время недоступности услуги, которое складывается из времени ожидания начала

обслуживания, в случае, если в момент поступления запроса пользователя на услугу все ЕКР заняты, либо недоступны из-за изъятия дополнительной полосы, и задержки в предоставлении услуги из-за ненадежности дополнительной полосы.

На рис. 1. представлен пример процесса предоставления услуги пользователю. Запрос пользователя на услугу поступает в момент, когда БС не имеет свободных ЕКР для его обслуживания, поэтому запрос помещается в буфер и находится в нем до момента освобождения ресурсов соты. После появления свободной ЕКР пользователю начинает предоставляться услуга, однако за время ее предоставления дополнительная полоса дважды становится недоступной, поэтому возникнет задержка в предоставлении услуги.

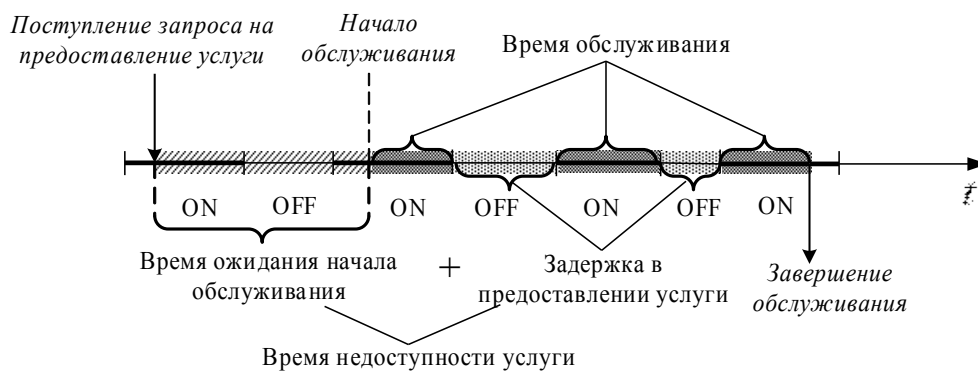


Рис.1. Процесс предоставления услуги пользователю

Математическая модель

Рассматривается сота сети LTE с пиковой пропускной способностью C ЕКР. Дополнительная полоса частот становится недоступна с интенсивностью α . Информация о текущем состоянии обслуживания пользователей хранится в буфере емкости r . Дополнительная полоса становится доступной для обслуживания пользователей с интенсивностью λ . Входящий поток запросов пользователей на предоставление услуги является пуассоновским с интенсивностью β . Время предоставления услуги распределено по экспоненциальному закону со средним $1/\mu$. Таким образом, данную систему можно описать в виде многолинейной СМО с ненадежными приборами [6].

Пусть n – число пользователей, которым недоступна услуга – пользователи, ожидающие начала предоставления услуги, и пользователи, ожидающие продолжения предоставления услуги в случае, когда дополнительная полоса недоступна, а m – число пользователей, которым предоставляется услуга. Тогда функционирование системы можно описать марковским случайным процессом (СП) над пространством состояний

$$X = \{(n, m) : (0, m), m = 0, \dots, C; (n, C), n = 1, \dots, r - C; (n, 0), n = 1, \dots, r\}, |X| = 2r + 1. \quad (1)$$

Описывающий функционирование системы СП необратим, что проверяется, например, по критерию Колмогорова [8]. Распределение вероятностей $p(n, m)$, $(n, m) \in X$ находится решением соответствующей системы уравнений равновесия (СУР) численными методами. Тем не менее, для снижения сложности вычислений может быть предложен рекуррентный алгоритм для расчета стационарного распределения вероятностей, который будет представлен в следующем разделе.

Рекуррентный алгоритм для расчета стационарного распределения вероятностей

Ненормированные вероятности $q(n, m)$ состояний модели вычисляются по формуле:

$$q(n, m) = A_{nm} \frac{\lambda \alpha}{\mu(\lambda + \beta)} + B_{nm}, \quad (n, m) \in X, \quad (2)$$

где коэффициенты A_{nm} и B_{nm} рассчитываются по следующим рекуррентным соотношениям:

$$1) \quad A_{00} = 0, \quad B_{00} = 1,$$

$$A_{01} = 0, \quad B_{01} = \frac{\lambda}{\mu},$$

$$A_{10} = 1, \quad B_{10} = 0;$$

$$2) \quad A_{0n} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{n\mu} + \frac{n-1}{n} \right) A_{0,n-1} - \frac{\lambda}{n\mu} A_{0,n-2} - \frac{\beta}{n\mu} A_{n-1,0}, \quad n = 2, \dots, C,$$

$$B_{0n} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{n\mu} + \frac{n-1}{n} \right) B_{0,n-1} - \frac{\lambda}{n\mu} B_{0,n-2} - \frac{\beta}{n\mu} B_{n-1,0}, \quad n = 2, \dots, C,$$

$$A_{n0} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} A_{0n} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} A_{n-1,0}, \quad n = 2, \dots, C,$$

$$B_{n0} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} B_{0n} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} B_{n-1,0}, \quad n = 2, \dots, C;$$

$$3) \quad A_{1c} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) A_{0c} - \frac{\lambda}{C\mu} A_{0,c-1} - \frac{\beta}{C\mu} A_{c0},$$

$$B_{1c} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) B_{0c} - \frac{\lambda}{C\mu} B_{0,c-1} - \frac{\beta}{C\mu} B_{c0},$$

$$A_{1+c,\rho} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} A_{1c} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} A_{c0},$$

$$B_{1+c,\rho} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} B_{1c} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} B_{c0};$$

4) $A_{nc} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) A_{n-1c} - \frac{\lambda}{C\mu} A_{n-2c} - \frac{\beta}{C\mu} A_{n-1+c,\rho}, n = 2, \dots, r - C - 1,$

$$B_{nc} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) B_{n-1c} - \frac{\lambda}{C\mu} B_{n-2c} - \frac{\beta}{C\mu} B_{n-1+c,\rho}, n = 2, \dots, r - C - 1,$$

$$A_{n+c,\rho} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} A_{nc} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} A_{n-1+c,\rho}, n = 2, \dots, r - C - 1,$$

$$B_{n+c,\rho} = \frac{\alpha}{\beta + \lambda} B_{nc} + \frac{\lambda}{\beta + \lambda} B_{n-1+c,\rho}, n = 2, \dots, r - C - 1;$$

5) $A_{r-c,c} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) A_{r-c-1,c} - \frac{\lambda}{C\mu} A_{r-c-2,c} - \frac{\beta}{C\mu} A_{r-1,\rho},$

$$B_{r-c,c} = \left(\frac{\lambda + \alpha}{C\mu} + 1 \right) B_{r-c-1,c} - \frac{\lambda}{C\mu} B_{r-c-2,c} - \frac{\beta}{C\mu} B_{r-1,\rho},$$

$$A_{r0} = \frac{\alpha}{\beta} A_{r-c,c} + \frac{\lambda}{\beta} A_{r-1,\rho},$$

$$B_{r0} = \frac{\alpha}{\beta} B_{r-c,c} + \frac{\lambda}{\beta} B_{r-1,\rho}.$$

Необходимо отметить, что коэффициенты A_{nm} и B_{nm} рассчитываются строго в указанном выше порядке, причем в пунктах 2) и 4) для фиксированного n нужно рассчитать все четыре коэффициента, а потом переходить к следующему n . Исходя из этого, на рис. 2 показана последовательность получения ненормированных вероятностей $q(n, m)$.

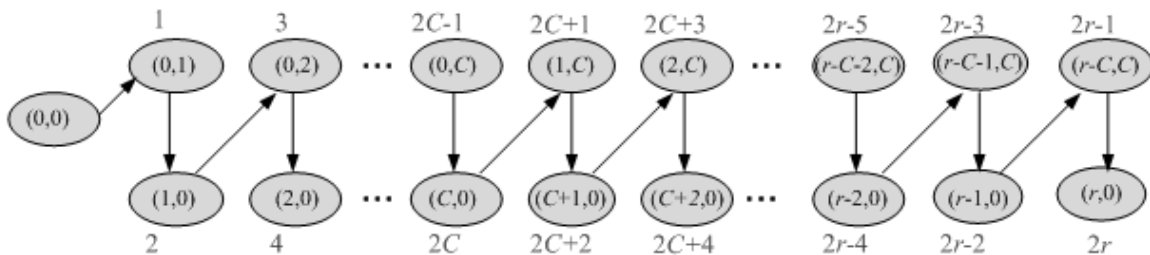


Рис. 2. Последовательность получения ненормированных вероятностей $q(n, m)$

Основные ВВХ системы

Основными вероятностными характеристиками системы являются:

- вероятность блокировки запроса пользователей на предоставление услуги

$$B = p(r - C, c) + p(r, 0); \quad (3)$$

- вероятность того, что дополнительная полоса недоступна

$$F = \sum_{n=1}^r p(n, 0); \quad (4)$$

- среднее число пользователей, которым недоступна услуга

$$N = \sum_{n=1}^{r-c} np(n, c) + \sum_{n=1}^r np(n, 0). \quad (5)$$

Последняя характеристика состоит из среднего числа N_I пользователей, ожидающих начала обслуживания, и среднего числа N_{II} пользователей, обслуживание которых было прервано по причине ненадежности дополнительной полосы

$$N = N_I + N_{II} = \sum_{k=1}^{r-1} k \cdot q_k^I + \sum_{k=1}^{r-1} k \cdot q_k^{II}, \quad (6)$$

где q_k^I – вероятность того, что k пользователей ожидают начала предоставления услуги, q_k^{II} – вероятность того, что обслуживание k пользователей было прервано.

Однако, формулы для расчета двух последних характеристик N_I и N_{II} не могут быть получены в явном виде из формулы (5), поскольку для каждого состояния (n, m) невозможно определить, какое количество из n пользователей, которым недоступна услуга, составляют пользователи, ожидающие начала обслуживания, и пользователи, обслуживание которых было прервано.

Найти характеристики N_I и N_{II} позволяет вероятностный подход, основанный на свойствах случайной величины, являющейся минимумом других независимых экспоненциально распределенных случайных величин [9].

Распределение числа пользователей, ожидающих начала обслуживания

Для нахождения среднего числа N_I пользователей, ожидающих начала обслуживания, необходимо получить распределение вероятностей q^I того, что k пользователей ожидают начала предоставления услуги, которое рассчитывается по формуле полной вероятности

$$q_k^I = \sum_{(n,m) \in X} p(n, m) A_k(n, m), \quad k = 0, \dots, r-1, \quad (7)$$

где $A_k(n, m)$ – вероятность того, что k пользователей ожидают начала предоставления услуги в состоянии (n, m) .

Введем вспомогательные параметры:

- $P_\alpha(n)$ – вероятность того, что СП перешел в состояние $(n, 0)$ по причине недоступности дополнительной полосы;

- $P_\lambda(n)$ – вероятность того, что СП перешел в состояние $(n, 0)$ по причине поступления запроса;
- $P_j(n)$ – вероятность того, что СП перешел в состояние $(n, 0)$ по причине недоступности дополнительной полосы, оказавшись в состоянии $(j, 0)$, и последующего поступления $(n-j)$ запросов.

Вероятности $P_\alpha(n)$, $P_\lambda(n)$, $P_j(n)$, $n=1, \dots, r$ вычисляются по формулам

$$P_\alpha(n) = \begin{cases} 1, & n=1, \\ \frac{\alpha p(0,n)}{\alpha p(0,n) + \lambda p(n-1,0)}, & n=2, \dots, C, \\ \frac{\alpha p(n-C,C)}{\alpha p(n-C,C) + \lambda p(n-1,0)}, & n=C+1, \dots, r, \end{cases} \quad (8)$$

$$P_\lambda(n) = \begin{cases} 0, & n=1, \\ \frac{\lambda p(n-1,0)}{\alpha p(0,n) + \lambda p(n-1,0)}, & n=2, \dots, C, \\ \frac{\lambda p(n-1,0)}{\alpha p(n-C,C) + \lambda p(n-1,0)}, & n=C+1, \dots, r, \end{cases} \quad (9)$$

$$R_j(n) = P_\alpha(j) \prod_{i=j+1}^n P_\lambda(i), \quad j=1, \dots, n, \quad n=1, \dots, r. \quad (10)$$

Разобьем пространство состояний (1) на четыре подмножества $X = \bigcup_{i=1}^4 X(i)$, как показано на рис. 3, где

$X(1) = \{(0, m), m=0, \dots, C; (1, 0)\}$, $X(2) = \{(n, C), n=1, \dots, r-C\}$, $X(3) = \{(n, 0), n=2, \dots, C\}$, $X(4) = \{(n, 0), n=C+1, \dots, r\}$.

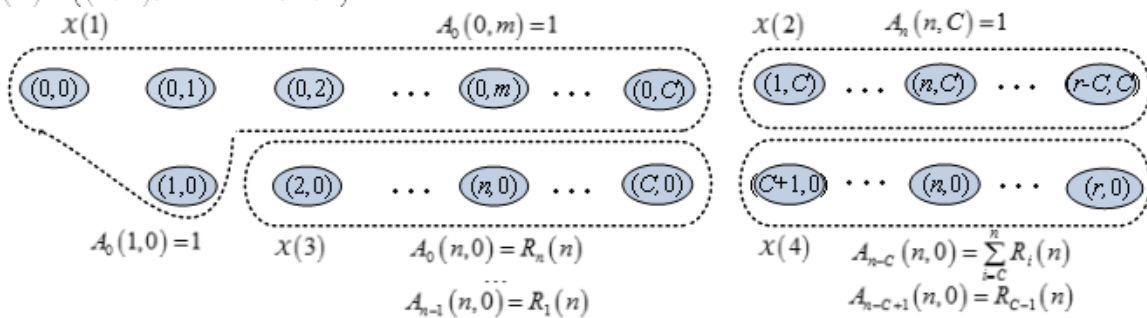


Рис. 3. Разбиение пространства состояний на подмножества

Тогда вероятности $A_k(n, m)$, $k=1, \dots, r-1$, $m, n \in X$ рассчитываются по формулам:

$$A_k(n, m) = \begin{cases} 1, & k=0, \\ 0, & k=1, \dots, r-1, \end{cases} \quad (n, m) \in X(1), \quad (11)$$

$$A_k(n, m) = \begin{cases} 1, & k = n, \\ 0, & k = 0, \dots, n-1, \\ 0, & k = n+1, \dots, r-1, \end{cases} \quad (n, m) \in X(2), \quad (12)$$

$$A_k(n, m) = \begin{cases} R_{n-k}(n), & k = 0, \dots, n-1, \\ 0, & k = n, \dots, r-1, \end{cases} \quad (n, m) \in X(3), \quad (13)$$

$$A_k(n, m) = \begin{cases} \sum_{i=0}^n R_i(n), & k = n-C, \\ R_{n-k}^{i-C}(n), & k = n-C+1, \dots, n-1, \\ 0, & k = 0, \dots, n-C-1, \\ 0, & k = n, \dots, r-1, \end{cases} \quad (n, m) \in X(4), \quad (14)$$

Данные формулы отражают вид вероятностей $A_k(n, m)$ для конкретного состояния (n, m) и разных значений k в соответствии с разбиением пространства состояний X на рис. 3. Для состояний каждого подмножества вероятность $A_k(n, m)$ имеет особый вид.

На рис. 4 показаны фрагменты диаграммы интенсивностей переходов, демонстрирующие формирование вероятностей $A_k(n, m)$ для подмножеств $X(3)$ и $X(4)$. Пунктирными стрелками показаны переходы между состояниями модели, а сплошными стрелками маршруты формирования числа k пользователей, ожидающих начала обслуживания. Маршрут состоит из двух частей. Сплошные стрелки сверху вниз обозначают переход между состояниями в результате недоступности дополнительной полосы, а стрелки слева направо – в результате поступления новых запросов пользователей в период недоступности полосы. Числа рядом со стрелками обозначают, какое число k пользователей, ожидающих начала обслуживания, сформировалось в результате таких переходов.

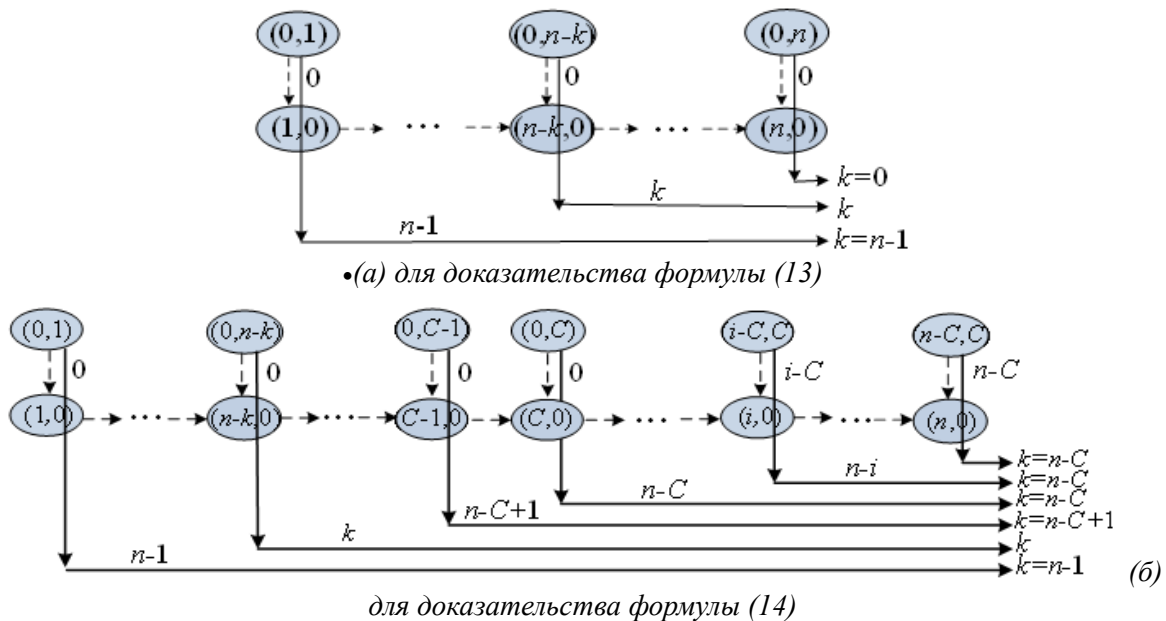


Рис. 4. Фрагменты диаграммы интенсивностей переходов

Запишем формулы (11)-(14) в таком виде, чтобы была видна зависимость вероятностей $A_k(n, m)$ от числа k .

$$A_0(n, m) = \begin{cases} 1, & (n, m) \in X(1), \\ R_n(n), & (n, m) \in X(3), \\ 0, & (n, m) \in X(2) \cup X(4), \end{cases} \quad (15)$$

$$A_k(n, m) = \begin{cases} 1, & (n, m) \in X(2), n = k, \\ R_{n-k}(n), & (n, m) \in X(3) \cup X(4), \\ & n = k+1, \dots, k+C-1, \\ \sum_{i=C}^n R_i(n), & (n, m) \in X(4), n = k+C, \\ 0, & (n, m) \in X(1), \\ & (n, m) \in X(2), n \neq k, \\ & (n, m) \in X(3), \\ & n \neq k+1, \dots, k+C-1, \\ & (n, m) \in X(4), n \neq k+1, \dots, k+C, \end{cases} \quad k = 1, \dots, r-C, \quad (16)$$

$$A_k(n, m) = \begin{cases} R_{n-k}(n), & (n, m) \in X(4), n = k+1, \dots, r, \\ 0, & (n, m) \in X(1) \cup X(2) \cup X(3), \\ & (n, m) \in X(4), n \neq k+1, \dots, r, \end{cases} \quad k = r-C+1, \dots, r-1, \quad (17)$$

где

$$X(1) = \{(0, m), m = 0, \dots, C; (1, 0)\}, X(2) = \{(n, C), n = 1, \dots, r-C\},$$

$$X(3) = \{(n, 0), n = 2, \dots, C\}, X(4) = \{(n, 0), n = C+1, \dots, r\}.$$

Тогда вероятности $q_k^I, k=0, \dots, r-1$ вычисляются по формулам

$$q_0^I = \sum_{m=0}^C p(0, m) + p(1, 0) + \sum_{n=2}^C p(n, 0) R_n(n), \quad (18)$$

$$q_k^I = p(k, C) + \sum_{n=k+1}^{k+C-1} p(n, 0) R_{n-k}(n) + p(k+C, 0) \sum_{i=C}^{k+C} R_i(k+C), \quad k = 1, \dots, r-C, \quad (19)$$

$$q_k^I = \sum_{n=k+1}^r p(n, 0) R_{n-k}(n), \quad k = r-C+1, \dots, r-1. \quad (20)$$

Численный анализ

Пусть сота сети LTE имеет пиковую скоростью 100 Мбит/с, т.е. $C=100$ ЕКР, и объем буфера $r=250$.

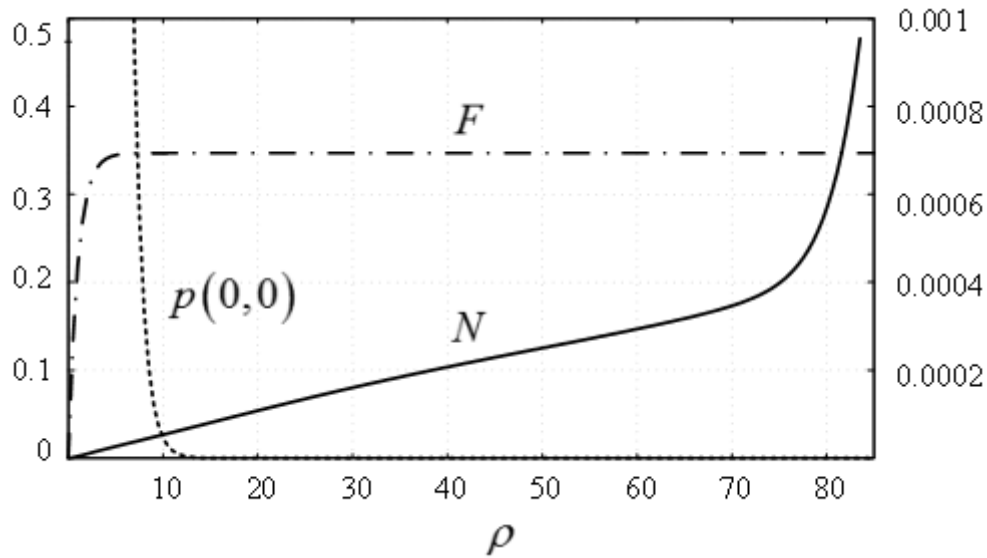


Рис. 5. Среднее число пользователей, которым недоступна услуга, вероятность того, что дополнительная полоса недоступна, и вероятность того, что система пуста

На рис. 5 представлены среднее число N пользователей, которым недоступна услуга, вероятность F того, что дополнительная полоса недоступна, и вероятность $p(0,0)$ того, что система пуста, в зависимости от суммарной интенсивности предложенной нагрузки от пользователей услуги при $\alpha=1\text{мес}^{-1}$ (полоса становится недоступна с частотой 1 раз в месяц), $\beta=1/30\text{мес}^{-1}$ (полоса недоступна в течение 30 минут), $\mu=1/10\text{мес}^{-1}$, $\rho=\lambda/\mu \in (0,85)$ Эрл.

Из данного рисунка видно, что при значении $\rho=10$ вероятность $p(0,0)$ и вероятность F имеют критическую точку. При $\rho \leq 10$ вероятность $p(0,0)$ резко уменьшается, что влечет за собой резкое увеличение вероятности F , поскольку по условию построения модели дополнительная полоса не может стать недоступна, когда система пуста. При $\rho \geq 10$ вероятность $p(0,0)$ начинает стремиться к нулю, следовательно, на систему не влияют внешние факторы, поэтому вероятность F начинает принимать постоянные значения.

На рис. 6 изображен график среднего числа N_I пользователей, ожидающих начала обслуживания, при $\mu=1/10\text{мес}^{-1}$, $\rho=30$ Эрл, $\beta^{-1}=(0,3000)$ мин, $\alpha^{-1}=10$ дней; 2 дня; 1 день.

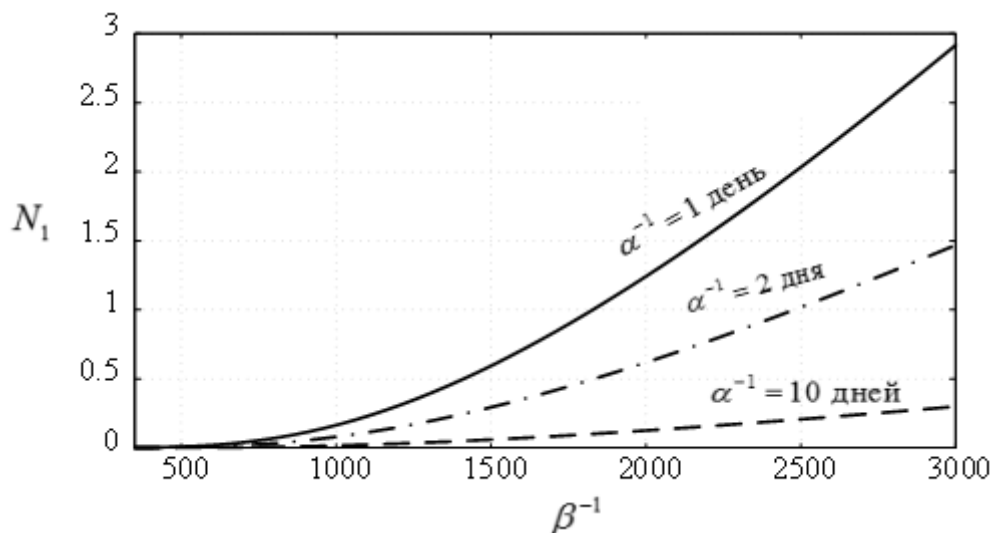


Рис. 6. Среднее число пользователей, ожидающих начала обслуживания

Анализируя данный рисунок, можно сделать вывод о том, что чем чаще дополнительная полоса становится недоступна, и чем больше период ее недоступности, тем больше среднее число N_1 , поскольку за более продолжительный период недоступности полосы больше запросов пользователей поступает в систему и помещается в буфер для ожидания обслуживания.

Заключение

Таким образом, в данной статье авторами построена модель соты сети LTE с временной дополнительной полосой частот для обслуживания пользователей в виде многолинейной СМО с ненадежными приборами, получена формула для расчета среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания и проведен анализ основных характеристик системы – среднего числа пользователей, которым недоступна услуга, т.е. среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания и среднего числа пользователей, обслуживание которых было прервано из-за ненадежности системы, вероятности того, что дополнительная полоса частот недоступна, и вероятности того, что система пуста.

Литература

1. UMTS Forum Report 44, Mobile traffic forecasts 2010-2020 report
2. Borodakiy V.Y., Buturlin I.A., Gudkova I.A., and Samouylov K.E. Modelling and analysing a dynamic resource allocation scheme for M2M traffic in LTE networks // Lecture Notes in Computer Science. – 2013. – Vol. 8121. – P. 420–426.
3. Stasiak M., Glabowski M., Wisniewski A., and Zwierzykowski P. Modelling and dimensioning of mobile wireless networks: from GSM to LTE // John Wiley & Sons, 2010. – 340 p.
4. Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Острикова Д.Ю. Анализ предоставления услуг мультимедиа в сетях LTE в виде системы с групповым обслуживанием // Т-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2013. – № 11. – С. 50–53.
5. Borodakiy V.Y., Samouylov K.E., Gudkova I.A., Ostriкова D.Y., Ponomarenko A.A., Turlikov A.M., and Andreev S.D. Modeling unreliable LSA operation in 3GPP LTE cellular networks // Proc. of the 6th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems ICUMT-2014 (October 6–8, 2014, St. Petersburg, Russia). – IEEE. – 2014. – P. 490–496.
6. Климов Г.П. Стохастические системы обслуживания. – М.: Наука, 1966. – 244 с.

7. Monemian M., Khadivi P., and Palhang.M. Analytical model of failure in LTE networks // Proc. of the 9th Malaysia International Conference on Communications MICC-2009 (December 15-17, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia). – IEEE. – 2009. – P. 821-825.
8. Башарин Г.П., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Математическая теория телетрафика и ее приложения к анализу мультисервисных сетей связи следующих поколений // Автоматика и вычислительная техника. – 2013. – № 2. – С. 11-21.
9. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. – М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.

Зарядов И.С.¹, Горбунова А.В.²

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, izaryadov@gmail.com

² Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия, кафедра прикладной информатики и теории вероятностей, avgorbunova@rambler.ru

Анализ характеристик системы массового обслуживания с двумя входящими потоками, относительным приоритетом и сбросом¹¹

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Система массового обслуживания, относительный приоритет, различные интенсивности обслуживания, сброс заявок.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается однолинейная система массового обслуживания, в которую поступают с различными интенсивностями два пуассоновских потока заявок, для которых имеется накопитель неограниченной емкости. Заявки одного потока имеют относительный приоритет по сравнению с заявками другого потока. Приоритетная заявка, находящаяся на приборе, может в момент окончания обслуживания либо покинуть систему, либо сбросить все заявки второго типа из накопителя. Длительности обслуживания заявок обоих типов имеют экспоненциальные распределения с различными параметрами. Построена система уравнений равновесия и получены аналитические выражения стационарного распределения числа заявок в системе каждого типа, вероятности сброса приоритетной заявкой поступившей в систему неприоритетной заявки, производящих функций, временных характеристик.

Введение

Исследованию приоритетных систем массового обслуживания посвящаются многочисленные научные статьи и монографии, что обусловлено наличием большого количества практических задач, описываемых данными системами. В частности, одними из основных инструментов аналитического моделирования цифровых сетей и их составляющих, развитие которых, следует отметить, не останавливается, а стремительно продолжается и по сегодняшний день, являются аппарат и

¹¹ Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-07-00090-а.

методы теории массового обслуживания.

Построение математической модели, которая смогла бы адекватно отобразить реально существующую систему распределения информации, является очень важной, но в большинстве случаев не самой простой задачей. Таким образом, от правильности выбора модели зависит точность решения поставленных задач анализа.

В данной работе в качестве своего рода альтернативы системам с абсолютным приоритетом рассматривается система с комбинацией относительного приоритета и механизма сброса. В однолинейную систему массового обслуживания с накопителем неограниченной емкости поступают два независимых пуассоновских потока заявок с интенсивностями λ_1 и λ_2 . Времена обслуживания заявок каждого из потоков имеют экспоненциальное распределение с параметрами μ_1 для заявок первого потока (1-го типа) и μ_2 для заявок второго потока (2-го типа).

Заявки 1-го типа имеют относительный приоритет по сравнению с заявками 2-го типа, т.е. при наличии в очереди заявок обоих потоков на обслуживание выбирается приоритетная заявка, а неприоритетная заявка может быть выбрана на обслуживание только в том случае, когда в очереди нет заявок 1-го типа. Заявки одного потока обслуживаются в порядке поступления.

Кроме того, приоритетная заявка, находящаяся на приборе, может в момент окончания обслуживания либо с вероятностью p покинуть систему, либо с вероятностью q сбросить все заявки второго типа из накопителя, $p+q=1$.

Система уравнений равновесия

Пусть $v_i(t), i=1,2$ — число заявок i -го типа, находящихся в системе в момент времени t , а $\eta(t)$ — тип заявки, которая обслуживается на приборе в момент времени t . Обозначим $\mathbf{X}(t)=(\eta(t), v_1(t), v_2(t), t \geq 0)$.

Случайный процесс $\{\mathbf{X}(t), t \geq 0\}$, описывающий поведение системы массового обслуживания во времени, является марковским с непрерывным временем и дискретным множеством состояний:

$$X = X_0 \cup X_1,$$

где $X_0 = \{0\}$, $X_1 = \{(k, i, j), k=1,2, i \geq 0, j \geq 0\}$.

Указанные состояния интерпретируются следующим образом: если в некоторый момент времени t , то в системе нет заявок, если $\mathbf{X}(t)=(k, i, j)$, то в системе находится i заявок 1-го типа и j заявок 2-го типа, а прибор занят обслуживанием заявки k -го типа ($k=1,2$).

Обозначим через p_0 стационарную вероятность отсутствия заявок в системе, через $p_{1,i,j}, i \geq 1, j \geq 0$ — стационарную вероятность того, что в системе находится i приоритетных заявок, j неприоритетных заявок и на приборе обслуживается приоритетная заявка, а через $p_{2,i,j}, i \geq 0, j \geq 1$ — стационарную вероятность того, что в системе находится i приоритетных

заявок, j неприоритетных заявок и на приборе обслуживается неприоритетная заявка.

Стационарное распределение существует и удовлетворяет следующей системе уравнений равновесия:

$$\begin{aligned}(\lambda_1 + \lambda_2) p_0 &= p \mu_1 p_{1,1,0} + \mu_2 p_{2,0,1} + q \mu_1 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,1,j} \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{1,1,0} &= \lambda_1 p_0 + p \mu_1 p_{1,2,0} + q \mu_1 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,2,j} + \mu_2 p_{2,1,1} \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{1,i,0} &= \lambda_1 p_{1,i-1,0} + p \mu_1 p_{1,i+1,0} + q \mu_1 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i+1,j} + \mu_2 p_{2,i,1}, i \geq 2 \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{1,1,j} &= \lambda_2 p_{1,1,j-1} + p \mu_1 p_{1,2,j} + \mu_2 p_{2,1,j+1}, j \geq 1 \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{1,i,j} &= \lambda_1 p_{1,i-1,j} + \lambda_2 p_{1,i,j-1} + p \mu_1 p_{1,i+1,j} + \mu_2 p_{2,i,j+1}, i \geq 2, j \geq 1 \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) p_{2,0,1} &= \lambda_2 p_0 + p \mu_1 p_{1,1,1} + \mu_2 p_{2,0,2}, \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) p_{2,i,1} &= \lambda_1 p_{2,i-1,1}, i \geq 1 \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{2,0,j} &= \lambda_2 p_{2,0,j-1} + p \mu_1 p_{1,1,j} + \mu_2 p_{2,0,j+1}, j \geq 2 \\(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) p_{2,i,j} &= \lambda_1 p_{2,i-1,j} + \lambda_2 p_{2,i,j-1}, i \geq 1, j \geq 2.\end{aligned}$$

Кроме того, к этим уравнениям добавляется условие нормировки:

$$p_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p_{2,i,j} = 1.$$

Производящая функция

Введем следующие производящие функции:

$$\begin{aligned}B_1(z_1, z_2) &= \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} z_1^i z_2^j, \\B_2(z_1, z_2) &= \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p_{2,i,j} z_1^i z_2^j.\end{aligned}$$

Сначала получим выражение для $B_2(z_1, z_2)$. Для этого умножим последние четыре уравнения системы уравнений равновесия на z_1^i и z_2^j и просуммируем по всем возможным i и j .

$$B_2(z_1, z_2) = \frac{\lambda_2 z_2 p_0 + \frac{p \mu_1}{z_1} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,1,j} z_1 z_2^j + \frac{\mu_2}{z_2} \sum_{j=1}^{\infty} p_{2,0,j} z_2^j - p \mu_1 p_{1,1,0} - \mu_2 p_{2,0,1}}{\lambda_1 (1 - z_1) + \lambda_2 (1 - z_2) + \mu_2}.$$

Далее для нахождения $B_1(z_1, z_2)$ умножим первые четыре уравнения системы уравнений равновесия на z_1^i и z_2^j и просуммируем по всем возможным i и j . В итоге имеем:

$$\begin{aligned}B_1(z_1, z_2) &= \\&= \frac{\lambda_1 p_0 z_1^2 z_2 - p \mu_1 z_2 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,1,j} z_1 z_2^j + q \mu_1 z_2 B_1(z_1, 1) - q \mu_1 z_2 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,1,j} z_1 + \mu_2 z_1 B_2(z_1, z_2) - \mu_2 z_1 \sum_{j=1}^{\infty} p_{2,0,j} z_2^j}{z_2 ((\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) z_1 - \lambda_1 z_1^2 - \lambda_2 z_1 z_2 - p \mu_1)}\end{aligned}$$

Производящая функция $P(z_1, z_2) = p_0 + B_1(z_1, z_2) + B_2(z_1, z_2)$ определяется следующим выражением:

$$P(z_1, z_2) = \frac{\mu_1 z_2 (1 - z_1) B_1(z_1, z_2) + \mu_2 z_1 (1 - z_2) B_2(z_1, z_2)}{z_1 z_2 (\lambda_1 (1 - z_1) + \lambda_2 (1 - z_2))}.$$

Далее введем обозначения:

$$q_{1,n} = \sum_{i+j=n} p_{1,i,j}, n \geq 1$$

$$q_{2,n} = \sum_{i+j=n} p_{2,i,j}, n \geq 1,$$

где вероятность $q_{1,n}$ означает, что в нашей системе находится n заявок безотносительно к их типу, причем на приборе обслуживается приоритетная заявка, а вероятность $q_{2,n}$ означает, что в системе находится также n заявок, но на приборе обслуживается неприоритетная заявка.

Просуммируем последовательно для каждого $n=i+j=\overline{1, \infty}$ соответствующие уравнения системы уравнений равновесия и с учетом первого уравнения этой системы последовательной подстановкой придем к новой системе:

$$(\lambda_1 + \lambda_2) p_0 = p \mu_1 q_{1,1} + \mu_2 q_{2,1} + q \mu_1 \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,1,j}, n=0$$

$$(\lambda_1 + \lambda_2)(q_{1,n} + q_{2,n}) = p \mu_1 q_{1,n+1} + \mu_2 q_{2,n+1} + q \mu_1 \left(\sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} - \sum_{i+j=1}^n p_{1,i,j} \right), n \geq 1.$$

Затем, просуммировав все уравнения полученной системы, с учетом условия нормировки будем иметь следующее выражение для стационарной вероятности отсутствия заявок в системе:

$$p_0 = \frac{p \mu_1 + (\mu_2 - p \mu_1) p_{2,0} + q \mu_1 p_{1,1} - (\lambda_1 + \lambda_2)}{p \mu_1}.$$

Теперь просуммируем четыре последних уравнения системы уравнений равновесия по всем возможным $j=\overline{1, \infty}$, что в итоге приведет к следующей системе:

$$\lambda_1 p_{2,0} = \mu_1 p_{1,1} - \lambda_1 p_0, i=0$$

$$(\lambda_1 + \mu_1) p_{2,i} = \lambda_1 p_{2,i-1}, i \geq 0.$$

Из этой системы следует, что

$$p_{2,i} = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \mu_1} \right)^i p_{2,0}.$$

а

$$p_{2,0} = \frac{\lambda_1 + \mu_2}{\mu_2} \cdot \frac{\mu_1 p_{1,1} - \lambda_1 p_0}{\lambda_1}.$$

Подставив полученное в выражение для p_0 , будем иметь соотношение:

$$p_0 = \frac{\mu_1 [(\mu_2 - p \mu_1)(\lambda_1 + \mu_2) \lambda_1 q \mu_2]}{\lambda_1 [p \mu_1 \mu_2 + (\mu_2 - p \mu_1)(\lambda_1 + \mu_2)]} + \frac{\mu_2 (p \mu_1 - \lambda_1 - \lambda_2)}{p \mu_1 \mu_2 + (\mu_2 - p \mu_1)(\lambda_1 + \mu_2)}.$$

Для того чтобы получить искомые стационарные вероятности в явном виде, остается выразить вероятность $p_{1,1}$.

Вероятность сброса, поступающего пакета

Обозначим через π_1 вероятность сброса заявки 2-го типа первой же приоритетной заявкой, обслужившейся на приборе. Тогда, используя формулу полной вероятности, получим:

$$\pi_1 = q \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} = q p_{1,\cdot,\cdot}$$

Вероятность того, что неприоритетный пакет будет все-таки обслужен, вычисляется по следующей формуле:

$$\pi^{(serv)} = p_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p^i \cdot p_{1,i,j} + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p^i \cdot p_{2,i,j}$$

Т.е. заявка 2-го типа с вероятностью p_0 застанет систему свободной и сразу начнет обслуживаться, а с вероятностью $p_1(k, i, j)$ ($k=1,2$) застанет в системе i приоритетных и j неприоритетных заявок. Таким образом, она сможет обслужиться только в том случае, если каждая из i находящихся в системе приоритетных заявок в момент окончания своего обслуживания просто покинет систему, а произойдет это событие с вероятностью p^i .

Следовательно, вероятность сброса пакета 2-го типа равна $\pi = 1 - \pi^{(serv)}$, т.е. с учетом условия нормировки имеем:

$$\pi^{(serv)} = p_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p^i \cdot p_{1,i,j} + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p^i \cdot p_{2,i,j}$$

Временные характеристики

Обозначим через $W_1(x)$ и $W_2(x)$ стационарные функции распределения времени ожидания начала обслуживания для заявок 1-го и 2-го типа, соответственно, а через $\omega_1(s)$ и $\omega_2(s)$ преобразования Лапласа-Стилтьеса для $W_1(x)$ и $W_2(x)$.

Сначала запишем выражение для $\omega_1(s)$. С вероятностью p_0 поступающая заявка 1-го типа застанет систему свободной и сразу же начнет обслуживаться. С вероятностью $p_{1,i,j}$, поступающая приоритетная заявка застанет в системе i приоритетных заявок и j неприоритетных заявок, причем на приборе находится приоритетная заявка. Аналогично, с вероятностью $p_{2,i,j}$ поступающая приоритетная заявка застанет в системе i приоритетных заявок и j неприоритетных заявок, но только с той разницей, что на приборе будет находиться уже неприоритетная заявка.

Таким образом, время ожидания начала обслуживания поступившей заявки будет складываться из времени обслуживания i приоритетных заявок и j неприоритетных заявок, следовательно, время ожидания начала обслуживания заявки 1-го типа будет иметь следующее преобразование Лапласа-Стилтьеса:

$$\omega_1(s) = p_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} \left(\frac{\mu_1}{\mu_1 + s} \right)^i + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p_{2,i,j} \left(\frac{\mu_1}{\mu_1 + s} \right)^i}{\mu_2 + s}$$

Время ожидания начала обслуживания неприоритетной заявки (при условии, что за это время заявка не будет сброшена) с вероятностями $p_{1,i,j}$ и $p_{2,i,j}$ будет складываться из времени обслуживания i приоритетных и j неприоритетных заявок, а с вероятностью p_0 поступающая заявка застанет систему свободной и сразу же начнет обслуживаться:

$$\omega_1(s) = \frac{1}{1-\pi} \left[p_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} p_{1,i,j} \left(\frac{\mu_1}{\mu_1+s} \right)^i \left(\frac{\mu_2}{\mu_2+s} \right)^j + \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} p_{2,i,j} \left(\frac{\mu_1}{\mu_1+s} \right)^i \left(\frac{\mu_2}{\mu_2+s} \right)^j \right].$$

Заключение

В данной работе представлена математическая модель системы с двумя типами входящего потока, относительным приоритетом и механизмом сброса.

В дальнейшем планируется построить решение выведенной системы уравнений равновесия в явном виде, а также получить в явном виде основные вероятностные характеристики системы, т.е. среднее и дисперсию общего числа заявок каждого типа в системе и в накопителе.

Вообще говоря, в моделях сетей передачи данных важную роль играют потери заявок, значение и применимость которых, стоит отметить, актуальны и для различных стадий процессов планирования и управления движением материальных, информационных и финансовых ресурсов.

Потери могут происходить по различным причинам и оказывать серьезное влияние на значимые показатели функционирования систем. Причины потерь могут иметь как внутренний, так и внешний характер. В частности, если говорить о телекоммуникационных системах, то это могут быть: поломка прибора, сброс заявок для оптимизации работы системы, поступление в систему заявок особого вида (отрицательные заявки, поток катастроф), нетерпеливость клиентов и другие. Также нельзя не упомянуть о влиянии на систему колебания задержки (разброс максимального и минимального времени прохождения заявки относительно среднего значения).

Анализ вышеупомянутых параметров требует построения адекватных аналитических моделей. Так, например, в моделях с обобщенным обновлением задержке соответствует среднее стационарное время пребывания заявки в системе, а колебанию задержки – среднее квадратичное отклонение стационарного времени пребывания заявки в системе.

В свете сказанного представляет интерес построение и анализ математических моделей на основе рассмотренной, но уже со следующими изменениями:

- с другим типом входящего трафика;
- отличным от экспоненциального временем обслуживания;
- несколькими приборами;
- введение механизма гистерезиса;
- построение математических моделей в дискретном времени.

Также планируется проанализировать модель с описанными характеристиками, но уже без относительного приоритета, и вычислить для нее вероятность потери поступившего пакета, среднее число

сброшенных пакетов и среднее время пребывания такого пакета в системе.

Литература

1. Korolkova A.V., Zaryadov I.S. The Mathematical Model of the Traffic Transfer Process with a Rate Adjustable by RED // IEEE / International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), Moscow, October 18-20, 2010.
2. Зарядов И.С. Расчёт показателей качества функционирования систем передачи и обработки данных с помощью обобщённого обновления. Дисс. к.ф.-м.н.: М. РУДН, 2010.— 160 с.
3. Zaryadov I.S., Pechinkin A.V. Stationary time characteristics of the GI|M|n| ∞ system with some variants of the generalized renovation discipline // Automation and Remote Control.—2009.— Vol. 70, No 12.—Pp. 2085-2097.
4. Зарядов И.С., Королькова А.В. Модель расчета показателей RED-подобных алгоритмов с помощью систем с групповым входящим потоком // International Workshop "DISTRIBUTED COMPUTER AND COMMUNICATION NETWORKS (DCCN-2011)", R&D Company "Information and Networking Technologies" — 2011. — С. 65-72.
5. Зарядов И.С., Королькова А.В. Применение модели с обобщенным обновлением к анализу характеристик систем активного управления очередями типа Random Early Detection (RED) // T-Comm—Телекоммуникации и транспорт. — 2011. — С. 84-88.
6. I.S. Zaryadov. Queueing Systems with General Renovation. ICUMT 2009 and Workshops Proceedings, 2010, p. 1-4.

Печинкин А.В.¹, Гайдамака Ю.В.², Сопин Э.С.³, Таланова М.О.⁴

¹ Институт проблем информатики РАН, г. Москва, главный научный сотрудник, arrechinkin@ipiran.ru

² Российский университет дружбы народов, г. Москва, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, ygaidamaka@mail.ru

³ Российский университет дружбы народов, г. Москва, к.ф.-м.н., старший преподаватель кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, sopin-eduard@yandex.ru

⁴ Российский университет дружбы народов, г. Москва, аспирант, ассистент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, matalanova@gmail.com

Анализ показателей эффективности функционирования системы облачных вычислений с динамическим масштабированием¹²

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Облачные вычисления, гистерезисное управление, динамическое подключение/отключение сервера, исключение состояний.

АННОТАЦИЯ

В статье исследована модель системы облачных вычислений с динамическим масштабированием в виде системы массового обслуживания с гистерезисным управлением количеством серверов и немгновенным подключением для анализа ее производительности. Используя метод исключения состояний, получен эффективный алгоритм расчета стационарных вероятностей и показателей качества функционирования системы. Предложен пример численных расчетов характеристик модели.

Введение

Системы облачных вычислений предоставляют высокопроизводительную вычислительную среду, которая доступна везде при наличии соединения с интернетом. Они обладают хорошей масштабируемостью и сравнительно просты в обслуживании, что приводит к непрерывному увеличению числа облачных приложений и поставщиков облачных услуг [1-4]. Наиболее очевидным решением, позволяющим эффективно использовать вычислительные ресурсы, то есть улучшить отношение «стоимость/производительность» системы, является реагирование на изменение рабочей нагрузки путем динамического подключения/отключения обслуживающих серверов (виртуальных машин) [5, 6].

Если на систему не поступают запросы клиентов, серверы отключены

¹² Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проекты № 13-07-00223, 14-07-00090.

для экономии электроэнергии, и включаются по мере увеличения загруженности системы. С одной стороны, подключение дополнительного сервера помогает обслужить большее количество заявок и повысить производительность системы. С другой стороны, это приводит к увеличению затрат на обслуживание, а время активации дополнительного сервера – к снижению эффективности функционирования. Поэтому для снижения числа срабатываний системы управления масштабированием применяется гистерезисный подход. Для разработки алгоритма вычисления стационарных вероятностей мы используем метод исключения состояний [7, 8, 9], при этом учтено время, необходимое для активации сервера.

В статье исследована модель системы облачных вычислений с динамическим подключением/отключением серверов в виде системы с гистерезисным управлением [5] и получен эффективный алгоритм расчета вероятностей состояний системы, которые позволяют оценить важные показатели качества обслуживания (QoS, Quality of Service), такие как среднее время отклика, количество подключенных серверов и др.

Математическая модель

Рассмотрим систему массового обслуживания с бесконечной очередью и с гистерезисом, имеющую K обслуживающих приборов. Заявки поступают в систему по закону Пуассона с параметром λ . Считаем, что приборы однородные, каждый с экспоненциальным обслуживанием с параметром μ . Количество активных приборов ограничено сверху значениями порогового вектора $\mathbf{H} = (H_1, H_2, \dots, H_{K-1})$, $H_1 < H_2 < \dots < H_{K-1}$ и снизу – вектором $\mathbf{L} = (L_1, L_2, \dots, L_{K-1})$, $L_1 < L_2 < \dots < L_{K-1}$, где $L_i < H_i$, $i = 1, K-1$. Очередь имеет дисциплину FCFS (First Come First Served). Поступившая в пустую систему заявка обслуживается одним прибором. Если в системе уже есть H_i заявок, то при поступлении новой заявки активируется один дополнительный прибор, но не мгновенно, а через случайное время, имеющее экспоненциальное распределение с параметром α . Если в системе L_i заявок и при этом одна заявка обслужилась, то $(i+1)$ -й прибор мгновенно отключается.

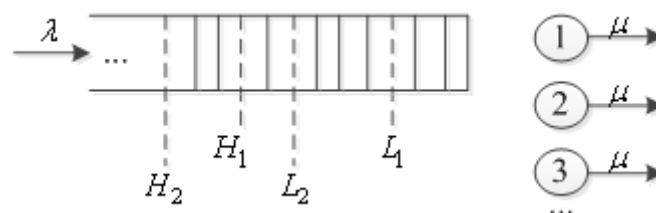


Рис.1. Многолинейная система массового обслуживания с порогами \mathbf{H} и \mathbf{L}

Функционирование системы описывается Марковским процессом $X(t)$ с множеством состояний:

$$S = \left\{ (ki, n) \left| \begin{array}{l} 0 \leq n \leq H_1, k = 1, i = 1; \\ L_{k-1} \leq n \leq H_k, k = \overline{2, K-1}, i = \overline{1, K-1}; \\ n \geq L_{k-1}, k = K, i = \overline{1, K} \end{array} \right. \right\},$$

где k означает количество приборов, которое необходимо в момент t ; i означает количество активированных приборов в момент t ; n количество заявок в очереди.

Диаграмма интенсивностей переходов для описанной системы массового обслуживания показана на рис. 2. Она может иметь бесконечное число уровней в зависимости от количества порогов. В нашей статье мы строим модель для двух пар порогов: $\langle L_1, H_1 \rangle$ и $\langle L_2, H_2 \rangle$, поэтому диаграмма рис.2 построена для $K = 3$.

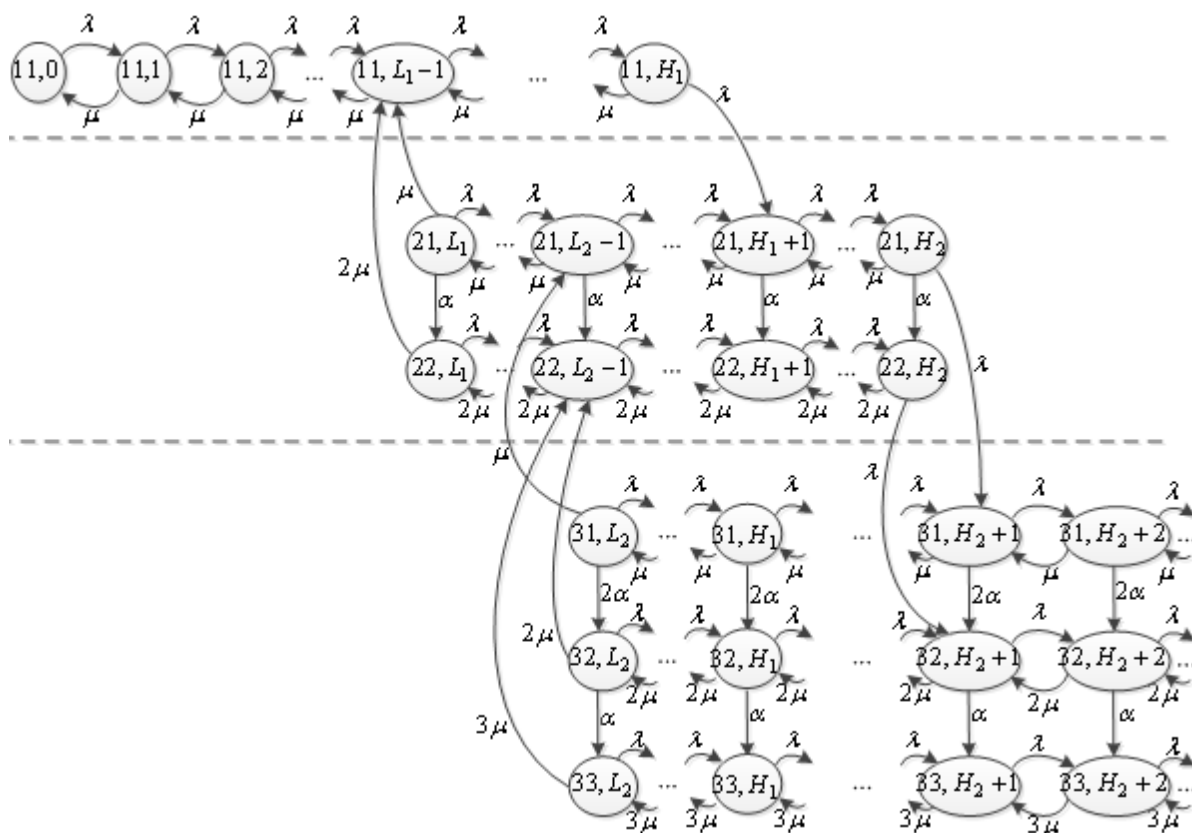


Рис.2. Диаграмма интенсивностей переходов

Метод исключения состояний

Для вычисления стационарных вероятностей мы используем метод исключения состояний. Состояния цепи Маркова исключаются последовательно один за другим, начиная с конца, пока не будут получены только два состояния (рис. 3): начальное состояние $(11,0)$ и макросостояние $(11,1)$, содержащее все остальные состояния системы.

После исключения состояний мы разворачиваем их один за другим в обратном порядке, записывая уравнения глобального баланса с учетом

исключенных состояний.

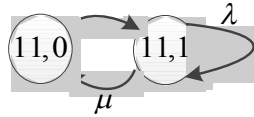


Рис.3. Два состояния после исключения состояний для диаграммы на рис.2
Для состояний рис. 3 получаем соотношение

$$\pi_{11,1} = \frac{\lambda}{\mu} \pi_{11,0} .$$

На рис. 4 показано исключение состояний для $k = 1$.

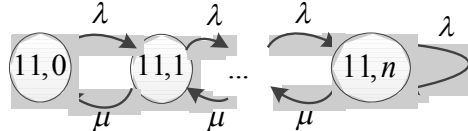


Рис.4. Исключение состояний для первого уровня диаграммы на рис.2
Следовательно, для диаграммы рис. 4 получаем соотношение

$$\pi_{11,n} = \frac{\lambda}{\mu} \pi_{11,n-1}, \quad 1 \leq n \leq L_1 - 1, \quad (1)$$

Для вычисления стационарных вероятностей первого уровня введем вспомогательную вероятность $a_{11,n}$, $L_1 \leq n \leq H_1 - 1$ того, что из состояния $(11, n)$ состояние $(11, n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(11, L_1 - 1)$. На рис. 5 показаны интенсивности с учетом описанной вспомогательной вероятности.

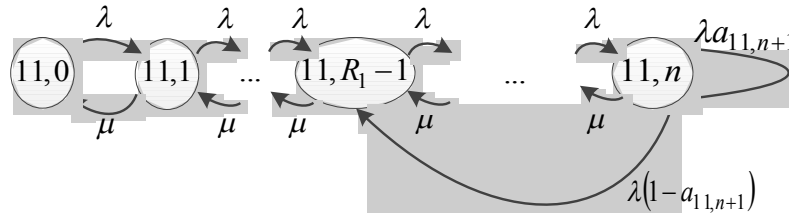


Рис.5. Исключение состояний для первого уровня диаграммы на рис.2

Вспомогательные вероятности вычисляются с помощью рекуррентного соотношения

$$a_{11,H_1} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} ,$$

$$a_{11,n} = \frac{\mu}{\lambda + \mu - \lambda a_{11,n+1}}, \quad L_1 \leq n \leq H_1 - 1.$$

Тогда стационарные вероятности с учетом исключенных состояний имеют вид

$$\pi_{11,n} = \frac{\lambda}{\mu + \lambda(1 - a_{11,n+1})} \pi_{11,n-1}, \quad L_1 \leq n \leq H_1 - 1, \quad (2)$$

$$\pi_{11,H_1} = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \pi_{11,H_1-1} . \quad (3)$$

Для вычисления стационарных вероятностей второго уровня, когда

активирован один прибор, введем следующие вспомогательные вероятности:

$a_{21,n}$, $L_2 \leq n \leq H_2$ —вероятность того, что из состояния $(21, n)$ состояние $(21, n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$ или состояние $(31, L_2)$;

a_{21}^* —вероятность того, что из состояния $(21, L_2)$ состояние $(21, L_2 - 1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$a_{21,n}$, $L_1 + 1 \leq n \leq L_2 - 1$ —вероятность того, что из состояния $(21, n)$ состояние $(21, n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2)$.

Эти вероятности вычисляются по рекуррентным соотношениям

$$a_{21, H_2} = \frac{\mu}{\mu + \lambda + \alpha},$$

$$a_{21, n} = \frac{\mu}{\mu + \lambda + \alpha - \lambda a_{21, n+1}}, \quad L_2 \leq n \leq H_2 - 1,$$

$$a_{21}^* = a_{21, L_2} + (1 - a_{21, L_2}) \frac{\lambda C_{21}}{\lambda + \alpha},$$

где C_{21} —вероятность того, что из состояния $(31, H_2 + 1)$ состояние $(21, L_2 - 1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$$a_{21, L_2 - 1} = \frac{\mu}{\mu + \lambda + \alpha - \lambda a_{21}^*},$$

$$a_{21, n} = \frac{\mu}{\mu + \lambda + \alpha - \lambda a_{21, n+1}}, \quad L_1 + 1 \leq n \leq L_2 - 2.$$

Далее введем вспомогательные вероятности

$A_{21,n}$, $L_2 - 1 \leq n \leq H_1$ —вероятность того, что из состояния $(21, H_1 + 1)$ состояние $(21, n)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$ или состояние $(31, L_2)$;

A_{21}^* —вероятность того, что из состояния $(21, H_1 + 1)$ состояние $(21, L_2 - 1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$A_{21,n}$, $L_1 \leq n \leq L_2 - 2$ —вероятность того, что из состояния $(21, H_1 + 1)$ состояние $(21, n)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_1)$.

Для этих вероятностей справедливы следующие уравнения:

$$A_{21, n} = \prod_{i=n+1}^{H_1+1} a_{21, i}, \quad L_2 - 1 \leq n \leq H_1,$$

$$A_{21}^* = A_{21, L_2 - 1} + (1 - A_{21, L_2 - 1}) \frac{\lambda C_{21}}{\lambda + \alpha},$$

$$A_{21, n} = A_{21}^* \prod_{i=n+1}^{L_2 - 1} a_{21, i}, \quad L_1 \leq n \leq L_2 - 2.$$

Используя описанные вспомогательные вероятности, вычислены стационарные вероятности с учетом исключенных состояний:

$$\pi_{21,L_1} = \lambda \frac{A_{21,L_1} \pi_{11,H_1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21,L_1+1})}, \quad (4)$$

$$\pi_{21,n} = \lambda \frac{\pi_{21,n-1} + A_{21,n} \pi_{11,H_1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21,n+1})}, \quad L_1 + 1 \leq n \leq L_2 - 2, \quad (5)$$

$$\pi_{21,L_2-1} = \lambda \frac{\pi_{21,L_2-2} + A_{21}^* \pi_{11,H_1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21}^*)}, \quad (6)$$

$$\pi_{21,n} = \lambda \frac{\pi_{21,n-1} + A_{21,n} \pi_{11,H_1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21,n+1})}, \quad L_2 \leq n \leq H_1, \quad (7)$$

$$\pi_{21,H_1+1} = \lambda \frac{\pi_{21,H_1} + \pi_{11,H_1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21,H_1+2})}, \quad (8)$$

$$\pi_{21,n} = \lambda \frac{\pi_{21,n-1}}{\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{21,n+1})}, \quad H_1 + 2 \leq n \leq H_2 - 1, \quad (9)$$

$$\pi_{21,H_2} = \lambda \frac{\pi_{21,H_2-1}}{\mu + \alpha + \lambda}. \quad (10)$$

Рассмотрим случай, когда активировано два прибора. Введем вспомогательные вероятности и интенсивности:

$a_{22,n}$, $L_2 + 1 \leq n \leq H_2$ — вероятность того, что из состояния $(22, n)$ состояние $(22, n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$\Lambda_{22,n}$, $L_1 \leq n \leq H_2$ — интенсивность непосредственного перехода из состояний уровня 21 в состояние $(22, n)$ при условии, что исключены состояния $(22, n+1), \dots, (22, H_2)$ и все состояния уровней 31, 32, 33.

Для этих вероятностей и интенсивностей справедливы уравнения

$$a_{22,H_2} = \frac{2\mu}{2\mu + \lambda},$$

$$a_{22,n} = \frac{2\mu}{\lambda + 2\mu - \lambda a_{22,n+1}}, \quad L_2 + 1 \leq n \leq H_2 - 1,$$

$$\Lambda_{22,H_2} = \alpha \pi_{21,H_2},$$

$$\Lambda_{22,n} = \alpha \pi_{21,n} + a_{22,n+1} \Lambda_{22,n+1}, \quad L_2 \leq n \leq H_2 - 1,$$

$$\Lambda_{22,n} = \alpha \sum_{i=n}^{H_2} \pi_{21,i} + \lambda(1 - C_{21}) \pi_{21,H_2}, \quad L_1 \leq n \leq L_2 - 1.$$

Используя описанные вспомогательные вероятности и интенсивности, вычислены стационарные вероятности с учетом исключенных состояний:

$$\pi_{22,L_1} = \frac{\Lambda_{22,L_1}}{2\mu}, \quad (11)$$

$$\pi_{22,n} = \frac{\lambda\pi_{22,n-1} + \Lambda_{22,n}}{2\mu}, \quad L_1 + 1 \leq n \leq L_2 - 1, \quad (12)$$

$$\pi_{22,n} = \frac{\lambda\pi_{22,n-1} + \Lambda_{22,n}}{2\mu + \lambda(1 - a_{22,n+1})}, \quad L_2 \leq n \leq H_2 - 1, \quad (13)$$

$$\pi_{22,H_2} = \frac{\lambda\pi_{22,H_2-1} + \Lambda_{22,H_2}}{2\mu + \lambda}. \quad (14)$$

Для вычисления стационарных вероятностей третьего уровня, когда активирован один прибор, введем следующие вспомогательные вероятности:

$a_{31,n}$, $n \geq L_2 + 1$ —вероятность того, что из состояния $(31,n)$ состояние $(31,n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$A_{31,n}$, $L_2 \leq n \leq H_2 + 1$ —вероятность того, что из состояния $(31, H_2 + 1)$ состояние $(31,n)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

C_{31} —вероятность того, что из состояния $(31, L_2)$ состояние $(21, L_2 - 1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$.

Для этих вероятностей справедливы уравнения

$$a_{31,n} = \frac{\lambda + \mu + 2\alpha - \sqrt{(\lambda + \mu + 2\alpha)^2 - 4\lambda\mu}}{2\lambda}, \quad n \geq L_2 + 1,$$

$$A_{31,n} = a_{31}^{H_2+1-n}, \quad L_2 \leq n \leq H_2 + 1,$$

$$C_{31} = \frac{\mu}{\mu + 2\alpha + \lambda(1 - a_{31})}.$$

Отсюда можно получить формулу для вероятности C_{21} :

$$C_{21} = A_{31,L_2} C_{31}.$$

Используя описанные вспомогательные вероятности, получены стационарные вероятности с учетом исключенных состояний:

$$\pi_{31,L_2} = q_{31} A_{31,L_2} \pi_{21,H_2}, \quad (15)$$

$$\pi_{31,n} = q_{31} (A_{31,n} \pi_{21,H_2} + \pi_{31,n-1}), \quad L_2 + 1 \leq n \leq H_2 + 1, \quad (16)$$

$$\pi_{31,n} = q_{31}^{n-H_2-1} \pi_{31,H_2+1}, \quad n \geq H_2 + 2, \quad (17)$$

где $q_{31} = \frac{\lambda}{\mu + 2\alpha + \lambda(1 - a_{31})}$. Отметим, что формула (17) представляет собой бесконечную убывающую геометрическую прогрессию, а значит, сумма вероятностей $\pi_{31,n}$, $n \geq H_2 + 2$ может быть легко вычислена.

Рассмотрим случай, когда активировано два прибора. Введем вспомогательные вероятности и интенсивности:

$a_{32,n}$, $n > -L_2 + 1$ — вероятность того, что из состояния $(32, n)$ состояние $(32, n-1)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$A_{32,n}$, $L_2 \leq n \leq H_2 + 1$ — вероятность того, что из состояния $(32, H_2 + 1)$ состояние $(32, n)$ будет достигнуто раньше, чем состояние $(22, L_2 - 1)$;

$\Lambda_{32,n}$, $n \geq L_2$ — интенсивность непосредственного перехода из состояний слоя 31 в состояние $(32, n)$ при условии, что исключены состояния $(32, n+1)$, ..., $(32, n+2)$, ... и все состояния слоя 33.

Для этих вероятностей и интенсивностей справедливы уравнения

$$a_{32,n} = \frac{\lambda + 2\mu + \alpha - \sqrt{(\lambda + 2\mu + \alpha)^2 - 8\lambda\mu}}{2\lambda},$$

$$A_{32,n} = a_{32}^{H_2+1-n}, \quad L_2 \leq n \leq H_2 + 1,$$

$$\Lambda_{32,n} = \frac{2\alpha}{1 - a_{32}q_{31}} q_{31}^{n-H_2-1} \pi_{31, H_2+1}, \quad n \geq H_2 + 1,$$

$$\Lambda_{32,n} = 2\alpha\pi_{31,n} + a_{32,n+1}\Lambda_{32,n+1}, \quad L_2 \leq n \leq H_2.$$

Используя описанные вспомогательные вероятности и интенсивности, вычислены стационарные вероятности с учетом исключенных состояний:

$$\pi_{32, L_2} = \frac{\Lambda_{32, L_2} + \lambda A_{32, L_2} \pi_{22, H_2}}{2\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{32})}, \quad (18)$$

$$\pi_{32,n} = \frac{\Lambda_{32,n} + \lambda A_{32,n} \pi_{22, H_2} + \lambda \pi_{32, n-1}}{2\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{32})}, \quad L_2 + 1 \leq n \leq H_2 + 1, \quad (19)$$

$$\pi_{32,n} = f_1 q_{31} \frac{q_{31}^{n-H_2-1} - f_2^{n-H_2-1}}{q_{31} - f_2} \pi_{31, H_2+1} + f_2^{n-H_2-1} \pi_{32, H_2+1}, \quad n \geq H_2 + 2, \quad (20)$$

где $f_1 = \frac{2\alpha}{(1 - a_{32}q_{31})(2\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{32}))}$, $f_2 = \frac{\lambda}{2\mu + \alpha + \lambda(1 - a_{32})}$. Отметим, что формула (20) представляет собой сумму нескольких убывающих геометрических прогрессий, а значит, сумма вероятностей $\pi_{32,n}$, $n \geq H_2 + 2$ может быть легко вычислена.

Рассмотрим случай, когда активировано три прибора. Введем вспомогательную интенсивность $\Lambda_{33,n}$, $n \geq L_2$ — интенсивность непосредственного перехода из состояний слоя 32 в состояние $(33, n)$ при условии, что исключены состояния $(33, n+1)$, $(33, n+2)$, Для нее справедливы уравнения

$$\Lambda_{33,n} = \frac{\alpha f_1 q_{31}}{q_{31} - f_2} \left(\frac{q_{31}^{n-H_2-1}}{1 - q_{31}} - \frac{f_2^{n-H_2-1}}{1 - f_2} \right) \pi_{31, H_2+1} + \frac{\alpha f_2^{n-H_2-1} \pi_{32, H_2+1}}{1 - f_2}, \quad n \geq H_2 + 1,$$

$$\Lambda_{33,n} = \alpha \pi_{32,n} + \Lambda_{33, n+1}, \quad L_2 \leq n \leq H_2.$$

Используя описанную вспомогательную интенсивность, вычислены стационарные вероятности с учетом исключенных состояний:

$$\pi_{33,L_2} = \frac{\Lambda_{33,L_2}}{3\mu}, \quad (21)$$

$$\pi_{33,n} = \frac{\Lambda_{33,n} + \lambda\pi_{33,n-1}}{3\mu}, \quad n \geq L_2 + 1. \quad (22)$$

Аналогично формулам (17) и (20), соотношения для вероятностей $\pi_{33,n}$, $n \geq L_2 + 1$ представимы в виде суммы нескольких убывающих геометрических прогрессий.

Таким образом, методом исключения состояний мы получили соотношения между стационарными вероятностями всех состояний, представленных на диаграмме рис. 2. Эти соотношения позволяют вычислять стационарное распределение с точностью до константы. Пусть начальная ненормированная вероятность $\tilde{\pi}_{11,0} = 1$. По формулам (1)-(22)

вычисляем $\sum_{(k,n) \in S} \tilde{\pi}_{k,n}$. Суммы вероятностей $\tilde{\pi}_{31,n}$, $n \geq H_2 + 2$, $\tilde{\pi}_{32,n}$, и $\tilde{\pi}_{33,n}$, $n \geq L_2 + 1$ могут быть легко вычислены, так как формулы (17), (20), (22) содержат убывающие геометрические прогрессии. Вычисляется нормирующая константа

$$G = \sum_{(k,n) \in S} \tilde{\pi}_{k,n},$$

что позволяет получить нормированные стационарные вероятности:

$$\pi_{k,n} = \frac{\tilde{\pi}_{k,n}}{G}, \quad (k,n) \in S.$$

Основным достоинством предложенного алгоритма является его линейная вычислительная сложность.

Характеристики производительности системы

С помощью вычисленных вероятностей можно рассчитать основные характеристики производительности системы. Введем подмножество $S_i = \{(kw, n) \in S \mid w = i\}$, которое включает все состояния с i активными приборами, $i = \overline{1, K}$. Тогда вероятности $P(S_i)$ того, что i приборов активны, могут быть вычислены простым суммированием соответствующих вероятностей:

$$P(S_i) = \sum_{(kw,n) \in S_i} \pi_{kw,n}.$$

Формула для среднего числа N заявок в системе и для среднего времени T отклика (времени пребывания заявки в очереди и время обслуживания этой заявки на любом приборе) представлены ниже.

$$N = \sum_{(kw,n) \in S} n\pi_{kw,n}, \quad (23)$$

$$T = \frac{N}{\lambda}. \quad (24)$$

Время τ_i , проведенное заявкой в состоянии S_i , вычисляется по формулам

$$\tau_1 = P(S_1) \left(\alpha \sum_{k=2}^K (k-1) \sum_{n=L_{k-1}}^{H_k} \pi_{k1,n} \right)^{-1},$$

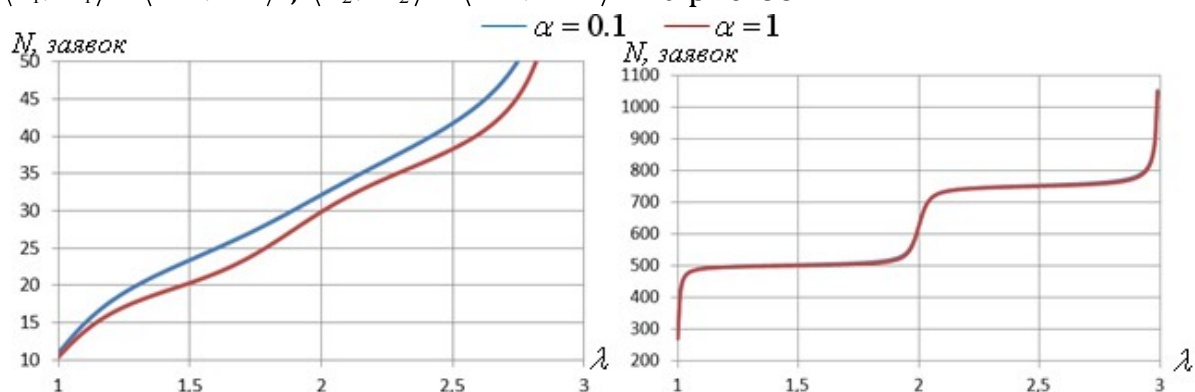
$$\tau_i = P(S_k) \left(\alpha \sum_{k=i+1}^K (k-i) \sum_{n=L_{k-1}}^{H_k} \pi_{ki,n} + i\mu\pi_{ii,L_{i-1}} \right)^{-1}, \quad 2 \leq i \leq K-1,$$

$$\tau_K = P(S_K) \left(K\mu\pi_{KK,R_{K-1}} \right)^{-1}.$$

Численные результаты

При численном анализе нас интересует среднее число N заявок в системе и среднее время T отклика системы. Пусть количество обслуживающих приборов $K=3$, а интенсивность обслуживания $\mu=1$ заявок/мс.

На рис. 6 представлен график зависимости среднего числа заявок N в системе от интенсивности λ (заявок/мс) входящего потока: для значений порогов $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 50, 100 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 75, 125 \rangle$ на рис. 6а, для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 250, 750 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 500, 1000 \rangle$ на рис. 6б.

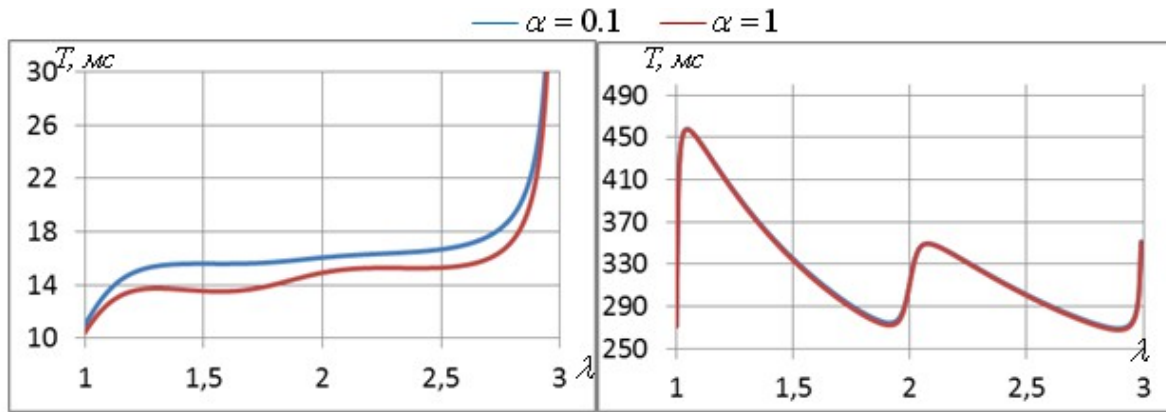


а. для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 50, 100 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 75, 125 \rangle$ б. для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 250, 750 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 500, 1000 \rangle$

Рис.6. График зависимости среднего числа заявок от интенсивности входящего потока

На рис.7 представлен график зависимости среднего времени T (мс) отклика от интенсивности λ (заявок/мс) входящего потока: для значений порогов $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 50, 100 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 75, 125 \rangle$ на рис. 7а, для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 250, 750 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 500, 1000 \rangle$ на рис. 7б.

Отметим, что в рассматриваемой системе нет потерь, поэтому параметр λ/μ имеет также смысл среднего числа работающих приборов. На графиках рис. 7 видно, что среднее время отклика зависит от значений порогов: чем выше их значения, тем длительней это время. При этом с увеличением времени подключения дополнительного прибора ($\alpha = 0.1$ приборов/мс) время отклика увеличивается, что вполне ожидаемо.



а. для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 50, 100 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 75, 125 \rangle$ б. для $\langle L_1, H_1 \rangle = \langle 250, 750 \rangle$, $\langle L_2, H_2 \rangle = \langle 500, 1000 \rangle$

Рис.7. График зависимости среднего времени отклика от интенсивности входящего потока

Отметим поведение графика на рис. 7а. На достаточно большом интервале нагрузочных параметров ($1.3 \leq \lambda / \mu \leq 2.7$) среднее время отклика практически не меняется. Такое поведение важнейшего показателя производительности системы облачных вычислений оправдывает применение гистерезисного управления, поскольку, правильно подобрав пороги подключения и отключения дополнительных виртуальных машин, провайдер облачных услуг может улучшить энергоэффективность системы, не снижая показателей качества услуг.

График на рис.7б представляет собой пример неправильного подбора порогов. Из-за больших промежутков между порогами на интервалах $1.1 \leq \lambda / \mu \leq 1.9$ и $2.1 \leq \lambda / \mu \leq 2.9$ среднее число заявок в системе почти не меняется, в то время как среднее число работающих приборов линейно возрастает, поэтому на данных интервалах время отклика уменьшается. И наоборот, на интервалах $1.9 \leq \lambda / \mu \leq 2.1$ и $2.9 \leq \lambda / \mu < 3$ среднее число заявок резко растет, а среднее число работающих приборов растет медленнее, что приводит к увеличению времени отклика.

Таким образом, из-за неудачного подбора порогов появляются значительные колебания времени отклика системы в зависимости от нагрузки. Следовательно, оптимизация значений порогов является ключевой задачей для повышения эффективности функционирования системы облачных вычислений. Однако данная задача является предметом отдельного исследования.

Заключение

Моделирование процессов в системах облачных вычислений является одной из наиболее востребованных областей применения теории массового обслуживания. В статье исследована модель включения/отключения серверов в сети, для которой в [5] с помощью матрично-геометрического подхода были получены формулы вычисления некоторых стационарных характеристик системы для анализа динамического управления ресурсами при предоставлении услуги «видео по запросу». Однако, в применении к

облачным вычислениям формулы [5] не дают возможности проводить анализ показателей функционирования системы даже для сравнительно небольших значений структурных параметров системы облачных вычислений. Наша цель заключалась в разработке эффективного алгоритма расчета стационарных вероятностей состояний системы, который позволял бы проводить расчеты для близких к реальности значений параметров системы облачных вычислений. В статье мы применили метод исключения состояний, который позволяет вычислить стационарные характеристики системы значительно легче, чем матрично-геометрический подход [5]. Преимущество предложенного алгоритма заключается в том, что его сложность возрастает линейно.

Основной задачей дальнейших исследований является разработка метода вычисления вероятностей для произвольного количества серверов, формализация задачи оптимизации для системы облачных вычислений и проведение численного анализа с целью определения оптимальных значений порогов системы. Также планируется разработать имитационную модель для проверки адекватности математической модели.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты № 13-07-00223, 14-07-00090). Авторы выражают благодарность магистру кафедры прикладной информатики и математической статистики РУДН Ивану Васильеву, принимавшему участие в вычислительном эксперименте.

Литература

1. IEEE P2301 Guide for Cloud Portability and Interoperability Profiles (GCIPI). URL: <https://standards.ieee.org/develop/project/2301.html>.
2. IEEE P2302 Standard for Intercloud Interoperability and Federation (SIIF). URL: <http://standards.ieee.org/develop/project/2302.html>.
3. OASIS Identify in Cloud Technical Committee. URL: https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=id-cloud.
4. Joint Coordination Activity on Cloud Computing (JCA-Cloud). URL: <http://www.itu.int/ITU-T/>
5. L. Golubchik, J. C. S. Lui «Bounding of Performance Measures for Threshold-Based Queuing Systems: Theory and Application to Dynamic Resource Management in Video-on-Demand Servers» // IEEE Trans. Computers. – Vol. 51, No. 4, 2002. – Pp. 353-372.
6. V. Goswami, S. S. Patra, G. B. Mund, “Performance Analysis of Cloud with Queue-Dependent Virtual Machines”, 1st Int’l Conf. on Recent Advances in Information Technology, RAIT-2012 (2012).
7. A.V. Pechinkin, “On an invariant queuing system”, Math. Operationsforsch. und Statist. Ser. Optimization. 1983. Vol. 14. № 3. P. 433-444.
8. P. P. Bocharov, C. D’Apice, A. V. Pechinkin, S. Salerno, Queueing Theory. Utrecht, Boston: VSP Publishing. 2004.
9. Shorgin S.Y., Pechinkin A.V., Samouylov K.E., Gaidamaka Y.V., Gudkova I.A., and Sopin E.S. Threshold-based queuing system for performance analysis of cloud computing system with dynamic scaling // AIP Conference Proceedings: Proc. of the 12th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM-2014 (September 22–28, 2014, Rhodes, Greece). – USA, AIP Publishing. – 2014. – В печати.

Самуйлов К.Е.¹, Гайдамака Ю.В.², Таланова М.О.³, Павлоцкий О.Э.⁴

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва, д.т.н., проф., заведующий кафедрой прикладной информатики и теории вероятностей, ksam@sci.pfu.edu.ru

² Российский университет дружбы народов, г. Москва, к.ф.-м.н., доцент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, yguidamaka@mail.ru

³ Российский университет дружбы народов, г. Москва, аспирант, ассистент кафедры прикладной информатики и теории вероятностей, matalanova@gmail.com

⁴ Московский технический университет связи и информатики, г. Москва, аспирант, кафедра сетей и систем связи, oleg.pavlotsky@yandex.ru

Имитационная модель SIP-сервера с гистерезисным управлением входящим потоком при алгоритме Loss-Based Overload Control¹³

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

SIP-сервер, гистерезисное управление перегрузками, Loss-Based Overload Control.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен алгоритм просеивания потока сообщений (Loss-Based Overload Control, LBOC), предложенный Рабочей группой по инженерным проблемам сети Интернет (Internet Engineering Task Force, IETF) для управления перегрузками в сетях серверов протокола установления сеансов связи (Session Initiation Protocol, SIP). Построена имитационная модель обработки сообщений SIP-сервером при алгоритме LBOC управления перегрузками, позволяющая исследовать показатели эффективности функционирования SIP-сервера, основными из которых являются среднее время нахождения сервера в состоянии перегрузки и средняя длина очереди. Разработан симулятор межузлового контроля перегрузок в сети SIP-серверов. Проведено сравнение результатов имитационного моделирования с результатами, полученными ранее с помощью математического моделирования.

Введение

В сети SIP-серверов возможны ситуации, когда перегрузка SIP-сервера приводит к существенному падению пропускной способности сети вплоть до обвала целой сети или ее фрагмента. Перегрузка SIP-сервера происходит, когда количество получаемых сообщений больше, чем сервер может обработать из-за ограниченности ресурсов, например, недостатка мощности процессора SIP-сервера или объема памяти. Причины возникновения перегрузок описаны в RFC 5390 IETF [1], а подходы к

¹³ Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 12-07-108, 14-07-00090.

решению проблемы перегрузок предложены в RFC 6357 [2]. Среди этих подходов выделяются два алгоритма управления перегрузками – алгоритм просеивания потока сообщений LBOC [3] и алгоритм снижения скорости передачи (Rate-Based Overload Control, RBOC) [4]. Эти алгоритмы были исследованы в работах Российского университета дружбы народов и Института проблем информатики РАН [5-17], где для реализации алгоритмов было предложено применять гистерезисное управление перегрузками. Данная статья является развитием работы [16], в которой была предложена математическая модель обработки сообщений SIP-сервером при алгоритме LBOC в виде системы массового обслуживания с гистерезисным управлением входящим потоком и двумя порогами. В данной статье на основе предложенной в [13, 16] математической модели разработана соответствующая имитационная модель обработки сообщений SIP-сервером при алгоритме LBOC, позволяющая собрать статистику по ряду показателей эффективности функционирования SIP-сервера, в том числе, оценить основные показатели - среднее время нахождения сервера в состоянии перегрузки и среднюю длину очереди. Исходными данными для имитационного моделирования послужили значения порогов, полученные в результате решения задачи оптимизации для математической модели в [7, 8]. Как и в случае математического моделирования, целью имитационного моделирования является нахождение таких значений порогов, при которых минимизируется среднее время нахождения сервера в состоянии перегрузки с учетом ограничений на вероятность потери сообщений и частоту включения системы управления. Кроме того, в отличие от математической модели, имитационная модель позволяет исследовать указанные характеристики функционирования SIP-сервера при различных значениях времени передачи в петле связи (Round Trip Time, RTT) между SIP-серверами.

Описание алгоритма LBOC

В стандарте [2] определены правила обмена информацией о перегрузке между нижележащим SIP-сервером и вышележащим SIP-сервером для того, чтобы вышележащий SIP-сервер мог сократить объем трафика в направлении перегруженного нижележащего SIP-сервера для предотвращения сбоя и для увеличения полезной нагрузки (good throughput). В [3] определены четыре поля via-заголовка SIP-сообщений, применяемые для управления перегрузками. В поле "oc" содержится параметр, ограничивающий количество SIP-сообщений, поступающих на нижележащий SIP-сервер. Параметр "oc-algo" содержит список алгоритмов управления перегрузками, поддерживаемых вышележащим SIP-сервером (напр., алгоритмы LBOC, RBOC). Параметр "oc-validity" устанавливает временной интервал, в течение которого выполняется управление перегрузкой с параметром, указанным в поле "oc". Параметр "oc-seq" используется для синхронизации.

Согласно алгоритму LBOC при обнаружении перегрузки нижележащий SIP-сервер отправляет вышележащему SIP-серверу в поле "oc" долю q , $0 < q \leq 1$, на которую вышележащему SIP-серверу следует снизить интенсивность потока SIP-сообщений в направлении перегруженного нижележащего SIP-сервера, а в поле "oc-validity" – длительность интервала времени, в течение которого действует ограничение на исходящий трафик в сторону нижележащего SIP-сервера. По истечении интервала "oc-validity" нагрузка восстанавливается до нормального значения. Заметим, что отличие алгоритма RBOC состоит в том, что параметр в поле "oc" представляет собою максимальное количество сообщений, которые перегруженный нижележащий SIP-сервер готов получить от вышележащего SIP-сервера в течение интервала времени, указанного в поле "oc-validity". Более подробно параметры via-заголовка SIP-сообщений для алгоритмов LBOC и RBOC рассмотрены в статье [13], где отмечено, что в [2] не указано, как определять моменты наступления и снижения перегрузки, в которые следует применить управление входящей нагрузкой, а также как определять значения параметров "oc" и "oc-validity". Также ни в [3], ни в [4] не уточняется, должны ли быть отсеянные в соответствии с параметром "oc" SIP-сообщения задержаны, сброшены или перенаправлены по альтернативному маршруту. В [5] предложено для реализации алгоритмов LBOC и RBOC применить гистерезисное управление входящим потоком, а в [8] построена математическая модель обработки сообщений SIP-сервером при алгоритме LBOC в виде системы массового обслуживания с гистерезисным управлением входящим потоком и двумя порогами, которая позволяет ответить на эти вопросы. Предлагается отправлять с нижележащего SIP-сервера на вышележащий SIP-сервер сообщения с информацией управления при пересечении длиной очереди порогов, а значения порогов, а также доли 🗑️ сброса сообщений выбирать так, чтобы минимизировать время нахождения SIP-сервера в состоянии перегрузки.

Имитационная модель

Архитектура SIP-симулятора для моделирования различных механизмов управления перегрузками описана в [9]. В данной статье мы моделируем уровень управления поступающей нагрузкой, который включает три модуля: Монитор, Актуатор и Функция управления. Схема симулятора для имитации генерации и обработки сообщений SIP-серверами при алгоритме LBOC с гистерезисным управлением представлена на рис. 1.

Модули, изображенные на рис. 1, соответствуют RFC6357 [2], при этом Источник заявок и Актуатор относятся к вышележащему SIP-серверу, Процессор с буфером и Монитор - к перегружаемому нижележащему SIP-серверу, а Функция управления реализуется на обоих SIP-серверах, однако, в данном случае действия Функцией управления выполняются только на стороне нижележащего SIP-сервера. В симуляторе учитывается время

передачи сообщения между вышележащим и нижележащим SIP-серверами, определяемое задержкой RTT в петле связи.

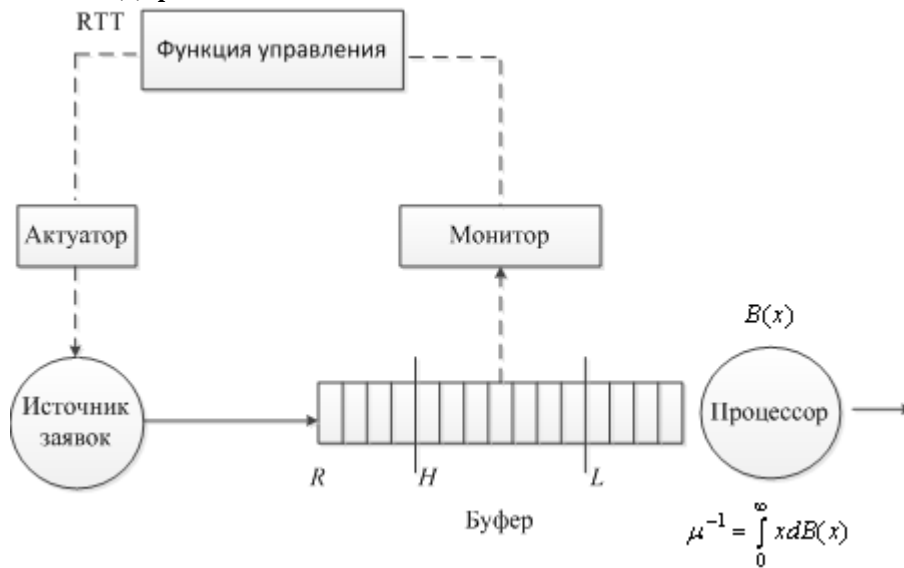


Рис.1. Схема имитационной модели алгоритма LBOC

Источник заявок генерирует заявки с заданным распределением интервалов времени между соседними заявками, которые поступают в буфер Процессора. Монитор наблюдает за длиной очереди в буфере и при пересечении длиной очереди порога H сообщает функции управления о наступлении перегрузки. Функция управления на стороне нижележащего SIP-сервера вычисляет долю q , на которую необходимо снизить интенсивность поступления заявок в очередь перегруженного Процессора, а также длину интервала времени $M\tau$, в течение которого должно действовать управление с параметром q , и отправляет Актуатору соответствующее уведомление, после получения которого Актуатор начинает прореживать поток заявок, генерируемый Источником заявок, на указанную в уведомлении долю в течение указанного времени. Время моделирования определяется параметром T -числом сгенерированных заявок.

Правила работы симулятора.

- Исходные данные: $L, H, B, q, M\tau, RTT, \lambda, \mu, T$.
- Источник заявок генерирует заявки в моменты $t_k, k \geq 1$, с экспоненциальным распределением интервалов времени между соседними заявками с параметром λ .
- Монитор фиксирует длину очереди $Q(t_k)$ в системе в момент $t_k = t_k - 0$ непосредственно перед поступлением заявки в очередь.
- Если $Q(t_k) = H$ (то есть с поступлением в очередь заявки в момент q в очереди окажется $H+1$ заявка), то в момент t_k Монитор отправляет Актуатору величину q — вероятность сброса сгенерированной Источником заявки, $0 \leq q \leq 1$. С момента t_k до момента $t_k + M\tau$ Актуатор начинает пропускать в сторону Процессора прореженный поток интенсивности $\lambda' = q\lambda$.

- Если $Q(t_k)=B$ (то есть непосредственно перед поступлением в очередь заявки в момент t_k в очереди нет свободных мест), то в момент t_k Монитор отправляет Актуатору вероятность сброса сгенерированной Источником заявки $q=1$, таким образом, Актуатор прекращает поток заявок в сторону Процессора.
- Актуатор не направляет сгенерированные Источником заявок заявки в сторону Процессора до тех пор, пока количество заявок в очереди не станет равным $Q(t_m)=H, m>k$. С момента t_m до момента получения нового уведомления о необходимости снижения интенсивности потока в сторону Процессора Актуатор восстанавливает интенсивность потока в сторону Процессора до значения λ' .
- Если $Q(t_k)=L$ (то есть непосредственно перед поступлением в очередь заявки в момент t_k в очереди $L-1$ заявка), то в момент t_k Монитор отправляет Актуатору вероятность сброса сгенерированной Источником заявки $q=0$, таким образом, Актуатор восстанавливает интенсивность потока в сторону Процессора до значения λ . С момента t_k до момента получения нового уведомления о необходимости снижения интенсивности потока в сторону Процессора Актуатор направляет весь сгенерированный Источником заявок поток в сторону Процессора.

В правилах учтено, но для краткости не указывается, что задержка передачи между вышележащим и нижележащим SIP-серверами составляет $RTT/2$.

Имитационная модель

Симулятор представляет собой событийно-управляемое приложение [18], реализованное на языке C++ с использованием средств Microsoft Visual Studio 2012. Каждый компонент системы (SIP-процессор с буфером, Монитор, Функция управления, Источник заявок и Актуатор) является независимым объектом. Событиями в данной модели являются моменты поступления заявки от Источника заявок в буфер Процессора и моменты изменения состояния системы.

На рис. 2 представлен интерфейс симулятора — программы, осуществляющей имитационное моделирование описанного процесса. Симулятор предназначен также для моделирования обработки сообщений SIP-сервером при алгоритме RBOC, реализация которого является задачей дальнейших исследований.

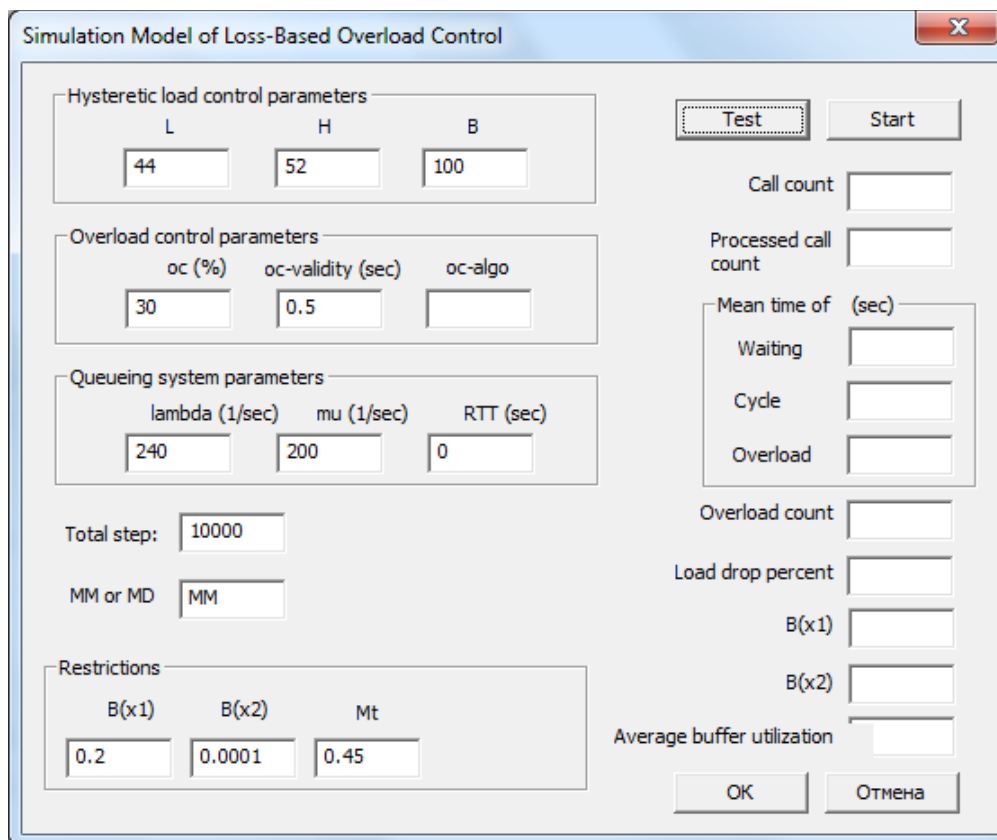


Рис.2. Интерфейс симулятора

Исходные данные моделирования представлены в левой части рис. 2:

- L – порог снижения нагрузки;
- H – порог обнаружения перегрузки;
- B – емкость буфера (очереди к Процессору);
- oc (%) – доля заявок, которые необходимо сбросить (соответствует параметру q);
- oc -validity (с) – время, в течение которого осуществляется сброс нагрузки (соответствует параметру $M\tau$);
- oc -algo – значение, определяющее алгоритм управления перегрузками (LBOC или RBOC);
- λ (1/с) – интенсивность поступающего потока заявок (соответствует параметру λ);
- μ (1/с) – интенсивность обслуженного потока заявок (соответствует параметру μ);
- RTT (с) – задержка передачи заявки между Источником заявок и очередью Процессора, а также между Монитором и Актуатором;
- $Total\ step$ – число заявок, сгенерированных Источником заявок за время моделирования (соответствует параметру T).

Результаты моделирования представлены в правой и нижней частях рис. 3:

- $Call\ count$ — число заявок, которые направлены Актуатором в очередь Процессора;

- Processed call count — число обслуженных Процессором заявок;
- Mean time of waiting — среднее время ожидания заявки в очереди к Процессору;
- Mean time of cycle — среднее время цикла управления;
- Mean time of overload — среднее время пребывания системы в состоянии перегрузки (соответствует параметру $M\tau_{12}$);
- Overload count — количество циклов управления за время моделирования (количество включений управления перегрузками);
- Load drop percent — процент пребывания системы в состоянии сброса нагрузки по отношению к пребыванию системы в режиме перегрузки;
- $V(X1)$ — вероятность потери заявки при пребывании системы в состоянии перегрузки;
- $V(X2)$ — вероятность потери заявки при пребывании системы в состоянии сброса нагрузки;
- Average buffer utilization — средняя длина очереди.

Также симулятор решает задачу оптимизации, которая сформулирована далее в статье.

Численные результаты

Одной из основных задач при управлении перегрузками SIP-сервера является минимизация времени пребывания сервера в состоянии перегрузки [6], которое соответствуют состояниям перегрузки и сброса нагрузки в математической [7, 8, 13, 16] и имитационной моделях. Однако при этом следует учитывать, что вероятность потери сообщений не должна превышать определяемый международными стандартами уровень, а цикл управления не должен быть слишком коротким во избежание частого включения управления. Задача оптимизации (1) заключается в минимизации среднего времени возврата системы из состояния перегрузки в состояние нормальной нагрузки относительно выбора порогов L и H при заданных ограничениях на вероятность потери сообщений и частоту включения системы управления.

$$\begin{aligned}
 M\tau_{12}(L, H) &\rightarrow \min; \\
 V(X_1) &\leq \gamma_1; \\
 V(X_2) &\leq \gamma_2; \\
 M\tau &\geq \gamma_3,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ — заданные значения.

При решении задачи оптимизации с помощью симулятора мы опирались на исходные данные и значения основных показателей функционирования SIP-сервера, полученные с помощью математической модели [13, 16]. Целью имитационного моделирования были как проверка адекватности разработанной ранее математической модели, так и анализ основных показателей функционирования SIP-сервера при разных значениях задержки RTT передачи по сети между SIP-серверами, учет

которой невозможен при математическом моделировании.

Для численного анализа выбраны такие же исходные данные и ограничения задачи оптимизации, как в [8]:

$$B=100, \rho=1.2, \mu=0.2 \text{ мс}^{-1}, q=0.3,$$

$$\gamma_1=0.2, \gamma_2=0.0001, \gamma_3=450 \text{ мс}.$$

Решение задачи оптимизации (1) с помощью математической модели [16] показало, что минимальное среднее время возврата системы из состояния перегрузки в состояние нормальной нагрузки достигается при $L=44$ и $H=52$ и составляет 280.5 мс. При этом среднее время ожидания заявки оказывается равным 200 мс, в очереди в среднем находится 48 заявок, средняя длительность цикла управления составляет 505.1 мс, а вероятности потерь принимают значения $B(X_1)=1.644 \text{ e-1}$, $B(X_2)=4.1 \text{ e-5}$.

Решение задачи оптимизации с помощью имитационной модели для различных значений RTT приведено в табл. 1. При RTT=0 результаты имитационного моделирования близки к значениям, полученным с помощью математической модели в [16].

Таблица 1. Результаты решения задачи оптимизации (1) при различных значениях RTT

RTT, мс	L	H	$M\tau_{12}$, мс	$B(X_1)$	$B(X_2)$	$M\tau$, мс
0	45	53	250.8	1.644 e-01	4.1 e-05	457.4
25	47	63	353.1	1.415 e-01	6.5 e-05	747.8
50	48	70	390.1	1.271 e-01	5.4 e-05	920.6
75	55	82	404.9	1.149 e-01	8.9 e-05	1057.4
100	56	90	481.8	1.111 e-01	8.3 e-05	1301.9

Рост расстояния между порогами L и H с ростом RTT связан с тем, что с увеличением расстояния между вышележащим и нижележащим серверами системе требуется больше времени на восстановление нормальной нагрузки. На рис. 3 сплошная ломаная линия показывает динамику заполненности буфера, штриховая – переключения между режимами управления системой с течением времени. На рис. 3 показано, как при нагрузке $\rho=1.2$ системе управления удается удерживать длину очереди между порогами L и H , сглаживая всплески интенсивности. Так, начиная с 24.5 с интенсивность входящего потока начала расти, что перевело систему на 24.6 с при пересечении порога H в состояние перегрузки (статус $s=1$), а при дальнейшем росте интенсивности входящего потока на 25.6 с при достижении порога B в состояние сброса нагрузки (статус $s=2$). С этого момента в систему не принимались заявки до тех пор, пока на 25.79 с длина очереди не опустилась ниже порога H , а на 25.82 с ниже порога L . Как видно из рис. 3, большую часть периода наблюдения система находится в нормальном режиме, когда очередь невелика и все поступившие заявки принимаются на обслуживание, и в

состоянии частичного сброса нагрузки, когда теряется 30% входящей нагрузки.

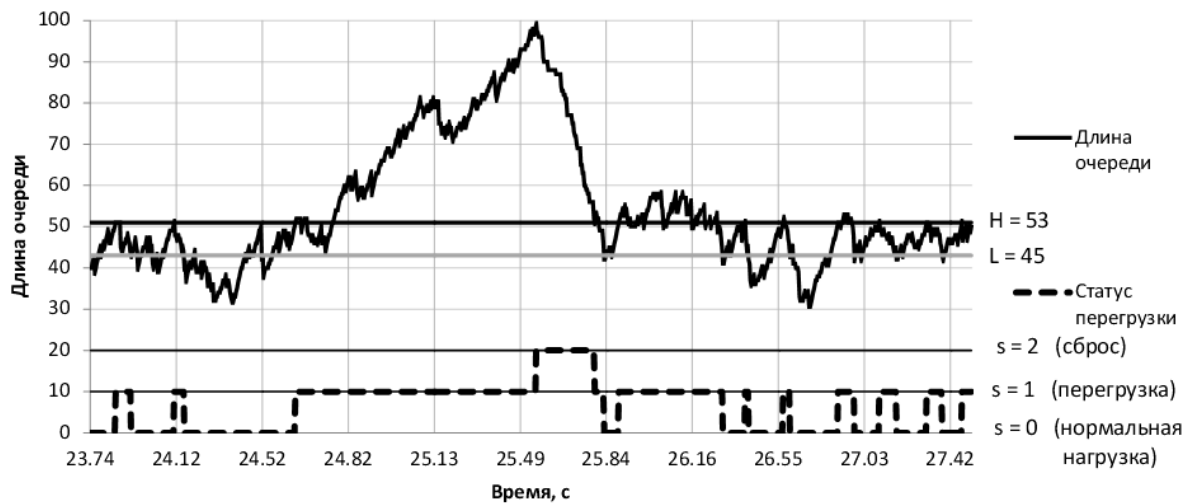


Рис.3. Зависимость размера буфера от времени

Заключение

Результаты имитационного моделирования для основных показателей функционирования SIP-сервера оказались близки к результатам, полученным с помощью аналитических методов, что подтвердило адекватность разработанной ранее математической модели [13, 16]. Преимуществом предложенного в данной статье симулятора является возможность учитывать задержку RTT передачи по сети между SIP-серверами, анализ влияния которой на ключевые показатели эффективности функционирования SIP-сервера является задачей дальнейших исследований. Также в дальнейшем планируется реализация имитационной модели при алгоритме RBOC и сравнение эффективности функционирования SIP-сервера для двух указанных алгоритмов управления перегрузками в сети SIP-серверов.

Литература

1. Rosenberg J. Requirements for Management of Overload in the Session Initiation Protocol // RFC 5390. – 2008.
2. Hilt V., Noel E., Shen C., Abdelal A. Design Considerations for Session Initiation Protocol (SIP) Overload Control // RFC 6357. – August 2011.
3. Gurbani V., Hilt V., Schulzrinne H. Session Initiation Protocol (SIP) Overload Control (LBOC) // RFC 7339. – September 2014. (replaces draft-ietf-soc-overload-control-15)
4. Noel E., Williams P.M. Session Initiation Protocol (SIP) Rate Control (RBOC) // draft-ietf-soc-overload-rate-control-05. – August 2013.
5. Абаев П.О., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Гистерезисное управление нагрузкой в сетях сигнализации // «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика.» М.: Изд-во РУДН. 2011. №4. С. 55-73.
6. Pavel Abaev, Yuliya Gaidamaka, and Konstantin Samouylov. Modeling of Hysteretic Signalling Load Control in Next Generation Networks // Lecture Notes in Computer Science. Germany, Heidelberg, Springer-Verlag. 2012, Vol. 7469, pp. 440-452.
7. Pavel Abaev, Yuliya Gaidamaka, and Konstantin Samouylov. Queuing Model for Loss-Based Overload Control in a SIP Server Using a Hysteretic Technique // Lecture Notes in Computer

- Science. Germany, Heidelberg, Springer-Verlag. 2012, Vol. 7469, pp. 371-378.
8. Pavel O. Abaev, Yuliya V. Gaidamaka, Alexander V. Pechinkin, Rostislav V. Razumchik, Sergey Ya. Shorgin Simulation of overload control in SIP server networks // Proceedings of the 26th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2012. Germany, Koblenz, 2012, pp. 533-539.
 9. Pavel O. Abaev, Yuliya V. Gaidamaka, Konstantin E. Samouylov, Sergey Ya. Shorgin (2013). Design And Software Architecture Of Sip Server For Overload Control Simulation, ECMS 2013 Proceedings edited by: W. Rekdalsbakken, R. T. Bye, H. Zhang, European Council for Modeling and Simulation. Pp. 580-586. doi:10.7148/2013-0580
 10. Yu. V. Gaidamaka Model with Threshold Control for Analyzing a Server with an SIP Protocol in the Overload Mode // Automatic Control and Computer Sciences, 2013, Vol. 47, No. 4, pp. 211-218.
 11. Ю.В. Гайдамака, А.В. Печинкин, Р.В. Разумчик, А.К. Самуйлов, К.Е. Самуйлов, И.А. Соколов, Э.С. Сопин, С.Я. Шоргин. Распределение времени выхода из множества состояний перегрузки в системе $M | M | 1 | <L, H> | <H, R>$ с гистерезисным управлением нагрузкой // Информатика и ее применения. 2013. Т. 7. Вып. 4. С.20-33.
 12. Sergey Shorgin, Konstantin Samouylov, Yuliya Gaidamaka, Shamil Etezov. Polling System with Threshold Control for Modeling of SIP Server under Overload // Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer International Publishing, Vol. 240, 2014, pp. 97-107.
 13. Pavel Abaev, Yuliya Gaidamaka, Konstantin Samouylov, Alexander Pechinkin, Rostislav Razumchik, Sergey Shorgin Hysteretic control technique for overload problem solution in network of SIP servers // Computing and Informatics, 2014, Vol. 33 Issue 1, pp. 218-236.
 14. Konstantin Samouylov, Pavel Abaev, Yuliya Gaidamaka, Alexander Pechinkin, Rostislav Razumchik, Analytical Modelling and Simulation for Performance Evaluation of SIP Server with Hysteretic Overload Control // Proc. of the 28th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS 2014), May 27-30, Brescia, Italy, 27-30 May 2014, pp. 603-609.
 15. Gaidamaka Y., Pechinkin A., Razumchik R., Samouylov K., Sopin E. Analysis of $M|G|1|R$ queue with batch arrivals and two hysteretic overload control policies // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2014, Vol. 24, No. 3, pp. 519-534. DOI: 10.2478/amcs-2014-0038.
 16. Yuliya Gaidamaka, Margarita Talanova. A simple queueing model of loss-based overload control in a SIP-servers network // Proc. XXXI International Seminar on Stability Problems for Stochastic Models (ISSPSM'2013), VII International Workshop «Applied Problems in Theory of Probabilities and Mathematical Statistics Related to Modeling of Information Systems» (AFTP + MS'2013) and International Workshop «Applied Probability Theory and Theoretical Informatics». Book of abstracts. M.: IPI RAN, 2013. Pp. 80-82.
 17. Yuliya Gaidamaka, Alexander Pechinkin, Rostislav Razumchik, Konstantin Samouylov, Eduard Sopin. Analysis of $M|G|1|R$ queue with batch arrivals and two hysteretic overload control policies // International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 2014, Vol. 24, No. 3, pp. 519-534.
 18. Бусленко Н. П. «Моделирование сложных систем» // М.: Наука, 1968, 356 с.

Самуйлов К.Е.¹, Маркова Е.В.²

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики и теории
вероятностей, ksam@sci.pfu.edu.ru

² Российский университет дружбы народов, г. Москва,
ст. преп. кафедры прикладной информатики и теории вероятностей,
evmarkova2009@yandex.ru

К приближенному анализу вероятности блокировки для модели схемы доступа с индивидуальными потолками скорости передачи эластичного трафика в сети LTE¹⁴

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

LTE, управление доступом к радиоресурсам, негарантированная скорость, non-GBR, эластичный трафик, индивидуальный потолок, приближенный метод, вероятность блокировки.

АННОТАЦИЯ

Построена математическая модель схемы доступа к ресурсам соты сети LTE с эластичным трафиком и индивидуальными потолками скорости его передачи. Схема доступа основана на реализации механизмов снижения скорости и порогового управления. Предложен приближенный метод расчета основного показателя эффективности модели – вероятности блокировки блока эластичных данных.

Введение

Технология LTE [1, 2] обеспечивает возможность предоставления пользователям на высоких скоростях широкого спектра услуг с различными требованиями к качеству обслуживания (Quality of Service, QoS). Обеспечение необходимого уровня качества предоставления услуг осуществляется при помощи механизмов управления радиоресурсами (Radio Resource Management, RRM). Один из таких механизмов, а именно управление доступом к ресурсам сети (Radio Admission Control, RAC), рассматривается в статье. Основной задачей RAC является разработка схем доступа, которые учитывают ограниченность частотного диапазона мобильных сетей и различные требования к параметрам QoS. В зависимости от требований, предъявляемых к качеству обслуживания, в сетях LTE выделяют 9 типов услуг [3–5], которые, в первую очередь, отличаются друг от друга приоритетами в обслуживании и скоростью передачи данных. Первые четыре типа относятся к услугам реального

¹⁴ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-07-00953 а.

времени с гарантированной скоростью (Guaranteed Bit Rate, GBR) передачи данных, например, видеоконференция и видео по запросу, и генерируют потоковый трафик. Остальные пять типов услуг предоставляются пользователям не с гарантированной (non-GBR), а с переменной скоростью передачи, например, просмотр веб-страниц, обмен файлами, и генерируют эластичный трафик. Приоритет в обслуживании трафика, генерируемого услугами разных типов, в зависимости от загрузки сети может быть реализован при помощи механизмов резервирования, порогового, вероятностного управления, снижения скорости передачи, прерывания обслуживания. В различных схемах доступа эти механизмы могут быть использованы как по-отдельности, так и совместно. Задачи разработки различных схем [6–10] управления доступом к радиоресурсам сети LTE и выбора наиболее оптимальных из них являются актуальными. В связи с тем, что услуги, генерирующие эластичный трафик, имеют меньшие приоритеты, чем услуги, генерирующие потоковый трафик, то как правило, механизмы управления доступом реализуются именно для услуг, предоставляемых пользователям без гарантированной скорости.

В статье построена модель соты сети LTE с двумя услугами, генерирующими эластичный трафик и схемой доступа, основанной на комбинации механизмов снижения скорости передачи данных и порогового управления. В отличие от классических моделей с эластичным трафиком вводятся ограничения на максимально достижимую [11], а не на минимальную скорость передачи данных. Введение индивидуальных потолков связано с тем, что на скорость передачи данных влияют не только технические характеристики сетей, предоставляемых различными операторами связи, но и характеристики используемых мобильных устройств. Для обеспечения гарантированного времени передачи данных устанавливается пороговое значение числа передаваемых блоков эластичных данных [12]. Управление доступом построено таким образом, что в случае невозможности обеспечить каждому передаваемому блоку данных максимальную скорость, скорости передачи снижаются пропорционально индивидуальным потолкам до тех пор, пока число передаваемых блоков данных не достигнет порогового значения. Также в статье предложен приближенный метод расчета вероятности блокировки.

Построение математической модели схемы доступа

Рассмотрим соту сети LTE с суммарной пиковой пропускной способностью C единиц канального ресурса (ЕКР), пользователям которой предоставляются две услуги, генерирующие эластичный трафик. Предположим, что входящий поток запросов на передачу блоков данных k -типа является пуассоновским с интенсивностью λ_k , со средней экспоненциальной длиной блока θ_k и предложенной нагрузкой $\rho_k = \lambda_k \theta_k$. Обозначим максимальное число ЕКР, которые могут быть выделены для передачи блока данных k -типа d_k , $k=1,2$. Без ограничения общности будем считать, что $d_1 > d_2$.

Функционирование системы описывает двумерный случайный процесс (СП) $\{(N_1(t), N_2(t)), t \geq 0\}$ над пространством состояний

$$X = \{(n_1, n_2) : n_1 \geq 0, n_2 \geq 0, n_1 + n_2 \leq N\}, \quad (1)$$

где $N > \lceil C/d_2 \rceil$ – пороговое значение числа передаваемых блоков эластичных данных.

В случае высокой загрузки сети и недостаточности ресурсов для передачи блоков данных обоих типов с занятием максимального числа ЕКР осуществляется освобождение части уже занятых ресурсов. Для реализации управления доступом, основанного на снижении числа занятых ЕКР, введем коэффициент снижения $f(n_1, n_2)$

$$f(n_1, n_2) = \begin{cases} 1, & \text{если } n_1 d_1 + n_2 d_2 \leq C; \\ \frac{C}{n_1 d_1 + n_2 d_2}, & \text{если } n_1 d_1 + n_2 d_2 > C. \end{cases}$$

При поступлении запроса на передачу блока данных k -типа возможны три случая:

- если число свободных ресурсов сети больше или равно d_k ЕКР, то запрос будет принят на обслуживание с занятием максимального числа ЕКР d_k ;
- если число свободных ресурсов сети меньше d_k ЕКР и число передаваемых блоков данных меньше N , то запрос будет принят на обслуживание с занятием числа ЕКР меньше максимального, а именно, с занятием $d_k f(n_1, n_2)$ ЕКР, $f(n_1, n_2) < 1$, $k=1,2$;
- в остальных случаях запрос будет заблокирован, не оказывая дополнительного влияния на интенсивность породившего его пуассоновского потока.

Составим диаграмму интенсивностей переходов (рис.1).

Из диаграммы интенсивностей переходов видно, что при использовании описанного механизма снижения числа занятых ЕКР для данной модели не выполняется критерий Колмогорова [13], а, следовательно, СП, описывающий поведение системы, не является обратимым, и распределение вероятностей состояний $p(n_1, n_2), (n_1, n_2) \in X$ не представимо в мультипликативном виде и может быть найдено при помощи численного решения системы уравнений равновесия (СУР).

Рассчитав распределение $p(n_1, n_2)$, можно вычислить вероятность B_k блокировки запроса на передачу блока эластичных данных k -типа

$$B_1 = B_2 = \sum_{(n_1, n_2) \in X, n_1 + n_2 = N} p(n_1, n_2), \quad k=1,2. \quad (2)$$

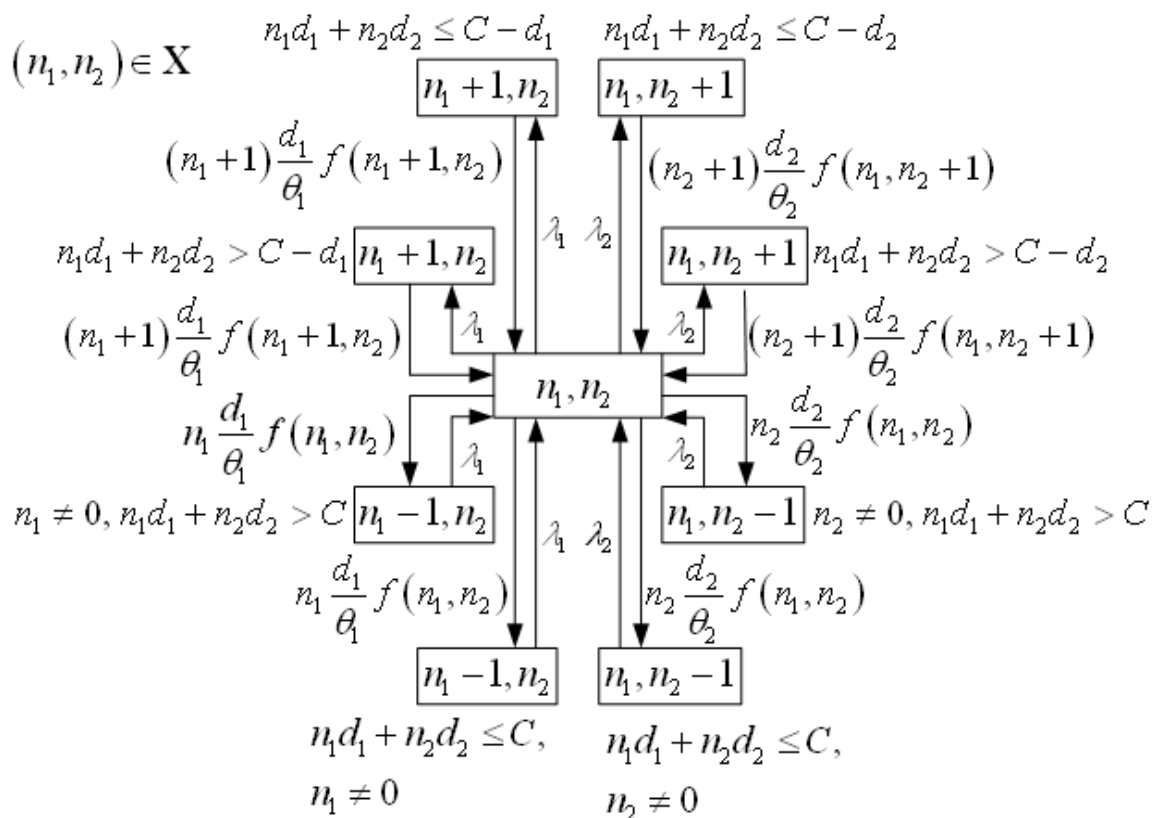


Рис.1. Диаграмма интенсивностей переходов

Однако, в связи с тем, что численное решение СУР является довольно трудоемким, в следующем разделе предложен метод приближенного расчета вероятности блокировки.

Приближенный анализ вероятности блокировки

Для проведения приближенного анализа предположим, что СП $\{(N_1(t), N_2(t)), t \geq 0\}$ является обратимым марковским СП. Тогда поведение системы можно описать с помощью системы уравнений частичного баланса

$$\begin{cases} \lambda_1 \tilde{p}(n_1 - 1, n_2) = n_1 \frac{d_1}{\theta_1} f(n_1, n_2) \tilde{p}(n_1, n_2), & (n_1, n_2) \in \mathbf{X}, n_1 > 0; \\ \lambda_2 \tilde{p}(n_1, n_2 - 1) = n_2 \frac{d_2}{\theta_2} f(n_1, n_2) \tilde{p}(n_1, n_2), & (n_1, n_2) \in \mathbf{X}, n_2 > 0; \end{cases}$$

где $\tilde{p}(n_1, n_2), (n_1, n_2) \in \mathbf{X}$ – модифицированное распределение вероятностей состояний системы, для расчета которого и предложен приближенный метод, описанный ниже.

Разобьем пространство состояний (1) по числу передаваемых блоков эластичных данных n следующим образом

$$\mathbf{X}(n) = \{(n_1, n_2) \in \mathbf{X} : n_1 + n_2 = n\}, \quad n = \overline{0, N}.$$

В соответствии с таким разбиением могут быть выделены три области пространства состояний (рис.2). В первой области

$$\{ \mathbf{X}(n), n = 0, \dots, N : \mathbf{X}(n) \subset \{ (n_1, n_2) \in \mathbf{X} : n_1 d_1 + n_2 d_2 \leq C \} \}$$

находятся состояния, в которых для каждого значения n коэффициент снижения $f(n_1, n_2)$ равен 1, т.е. все блоки эластичных данных занимают максимальное число ЕКР. Для определения второй области

$$\{ \mathbf{X}(n), n = 0, \dots, N : \mathbf{X}(n) \subset \{ (n_1, n_2) \in \mathbf{X} : n_1 d_1 + n_2 d_2 \leq C \vee n_1 d_1 + n_2 d_2 > C \} \}$$

$$i(n) = \left\lfloor \frac{C - d_2 n}{d_1 - d_2} \right\rfloor$$

обозначим $i(n)$ максимальное число блоков данных первого типа, передаваемых с занятием максимального числа ЕКР при условии, что суммарное число передаваемых блоков данных равно n . Во второй области находятся состояния, в которых для каждого значения n для части состояний $n_1 = 0, \dots, i(n)$ коэффициент снижения $f(n_1, n_2)$ равен 1, а для части $n_1 = i(n) + 1, \dots, n$ – меньше 1, т.е. часть блоков эластичных данных занимает максимальное число ЕКР, а часть – число ЕКР меньше максимального. В третьей области

$$\{ \mathbf{X}(n), n = 0, \dots, N : \mathbf{X}(n) \subset \{ (n_1, n_2) \in \mathbf{X} : n_1 d_1 + n_2 d_2 > C \} \}$$

находятся состояния, в которых для каждого значения n коэффициент снижения $f(n_1, n_2)$ меньше 1, т.е. при передаче все блоки эластичных данных занимают меньше максимального числа ЕКР.

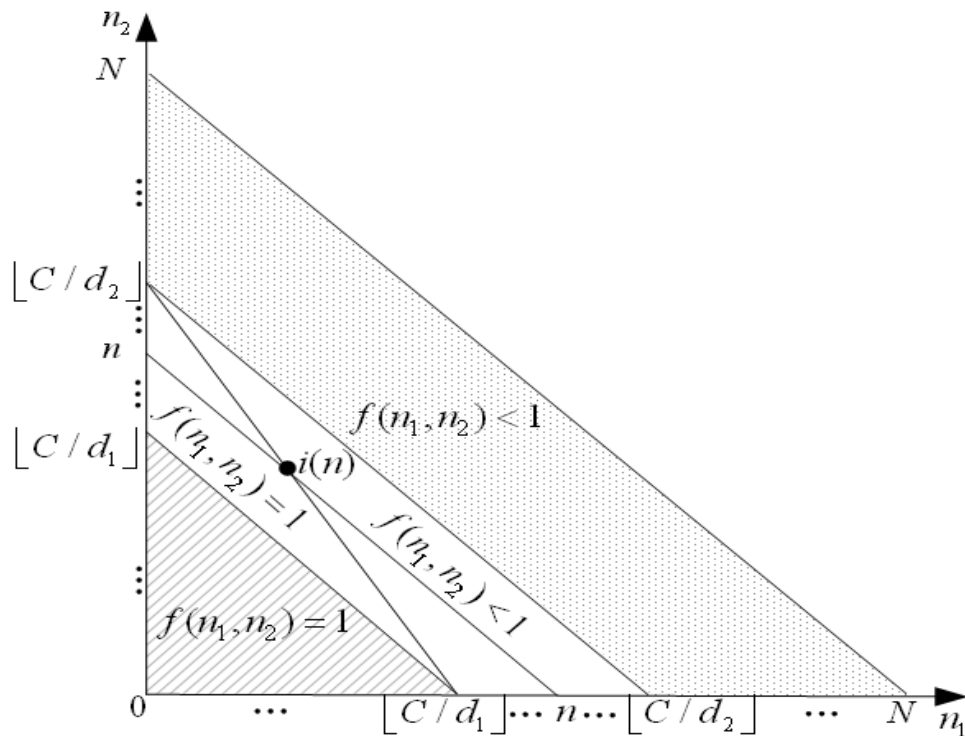


Рис.2. Разбиение пространства состояний в соответствии с коэффициентом снижения

Введем следующие обозначения:

- $a_k = \rho_k / d_k$, $k = 1, 2$ – доля предложенной нагрузки, создаваемой запросами на передачу блоков эластичных данных k -типа,

приходящейся на 1 ЕКР при занятии блоками максимального числа ЕКР;

- $q(n) = G \sum_{(n_1, n_2) \in X(n)} \tilde{p}(n_1, n_2)$ – ненормированная вероятность того, что в системе передается ровно n блоков эластичных данных, где

$$G = \sum_{n=0}^N q(n);$$
нормирующая константа
- $P_n(n_1, n_2)$ – условная вероятность того, что система находится в состоянии (n_1, n_2) при условии, что число передаваемых блоков данных равно n .

Тогда вероятность $\tilde{p}(n_1, n_2), (n_1, n_2) \in X$, для модифицированной системы может быть найдена по формуле

$$\tilde{p}(n_1, n_2) = P_n(n_1, n_2) \frac{q(n)}{G}, \quad (n_1, n_2) \in X, \quad n = 1, \dots, N.$$

Лемма. 1) Условное распределение $P_n(n_1, n_2)$ приближенно рассчитывается по формуле

$$P_n(n_1, n_2) \approx \frac{a_1 n_1 + a_2 n_2}{\sum_{(m_1, m_2) \in X(n)} a_1 m_1 + a_2 m_2}, \quad (n_1, n_2) \in X(n), \quad n = 1, \dots, N.$$

2) Ненормированные вероятности $q(n)$ вычисляются по рекуррентным соотношениям

$$n \cdot q(n) = (a_1 + a_2) q(n-1), \quad n = 1, \dots, \lfloor C/d_1 \rfloor;$$

$$n \cdot q(n) = \left\{ (a_1 + a_2) \sum_{i=0}^{i(n)-1} P_{n-1}(i, n-1-i) + \frac{1}{C} (a_1(d_1 - d_2)(1 + i(n)) + na_1 d_2 + Ca_2) \cdot P_{n-1}(i(n), n-1-i(n)) + \frac{1}{C} \left[(a_1 + a_2)(d_1 - d_2) \sum_{i=i(n)+1}^{n-1} i P_{n-1}(i, n-1-i) + (a_1(d_1 - d_2) + na_1 d_2 + na_2 d_2) \sum_{i=i(n)+1}^{n-1} P_{n-1}(i, n-1-i) \right] \right\} \cdot q(n-1),$$

$$n = \lfloor C/d_1 \rfloor + 1, \dots, \lfloor C/d_2 \rfloor;$$

$$n \cdot q(n) = \frac{1}{C} \left\{ (a_1 + a_2)(d_1 - d_2) \sum_{i=0}^{n-1} i P_{n-1}(i, n-1-i) + a_1(d_1 - d_2) + na_1 d_2 + na_2 d_2 \right\} \cdot q(n-1), \quad n = \lfloor C/d_2 \rfloor + 1, \dots, N.$$

Следствие. Вероятность блокировки B_k (2) запроса на передачу блока эластичных данных k -типа $k=1, 2$ приближенно рассчитывается по формуле

$$B_1 = B_2 = B \approx \frac{q(N)}{\sum_{n=0}^N q(n)} = B^*.$$

Пример численного анализа

Проведем численный анализ относительных погрешностей $\delta(B) = 100\% \cdot (B^* - B) / B$ расчета вероятностей блокировок. Исходные данные приведены в табл.1. В связи с тем, что эластичный трафик, генерируемый при передаче данных, составляет менее 20% от общего объема мобильного трафика [14], для проведения численного анализа будем рассматривать лишь 20% от пиковой пропускной способности сети в 100 Мбит/с (табл.1). Рис.3 отображает зависимость точного значения вероятности блокировки B от суммарной предложенной нагрузки и доли данных первого типа, выраженной в процентном соотношении α предложенной нагрузки первого типа к общей нагрузке. Рис.4 иллюстрирует соответствующие относительные погрешности $\delta(B)$.

Табл.1. Исходные данные

Передача данных первого типа	Передача данных второго типа
$C = 20$ Мбит/с, $N = 7$, $\rho_1 + \rho_2 = 0 + 30$	
$\rho_1 = \alpha \cdot (\rho_1 + \rho_2)$, $\theta_1 = 20$ МБ, $d_1 = 7$ Мбит/с $\lambda_1 = \rho_1 / \theta_1$	$\rho_2 = (1 - \alpha) \cdot (\rho_1 + \rho_2)$, $\theta_2 = 15$ МБ, $d_2 = 3$ Мбит/с $\lambda_2 = \rho_2 / \theta_2$

По графику рис.3 видно, что с ростом процентного соотношения α , т.е. с ростом спроса на первую услугу, вероятность блокировки уменьшается. Это можно объяснить тем, что скорость передачи данных первого типа почти в два раза больше скорости передачи данных второго типа, а чем больше начальная скорость передачи данных, тем меньше снижается качество обслуживания, а следовательно, и погрешность расчетов, что подтверждает рис.4.

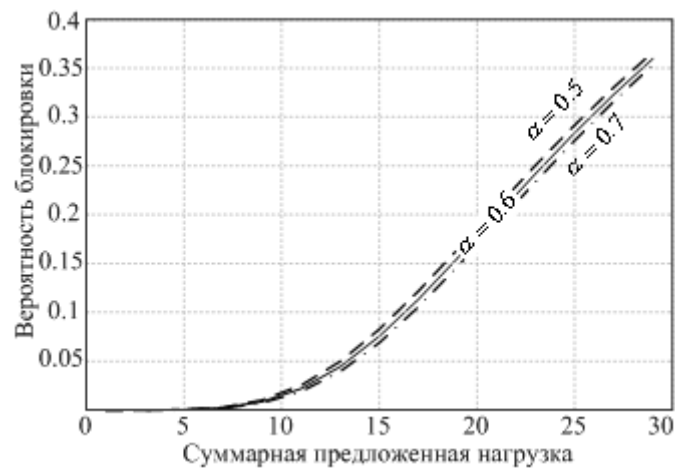


Рис.3. Вероятность блокировки

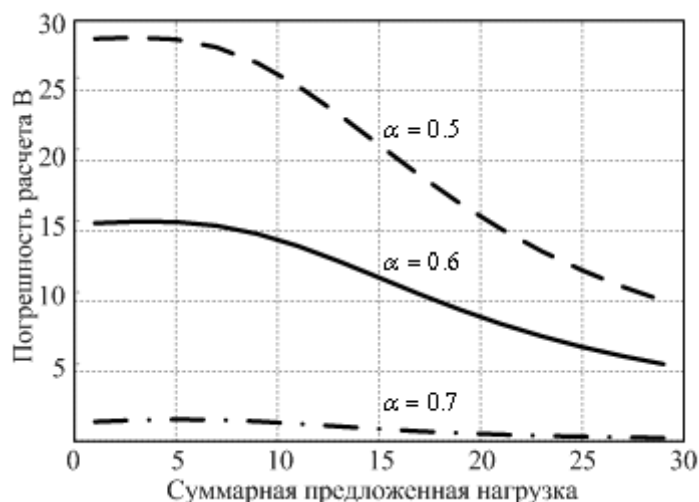


Рис. 4. Относительная погрешность расчета вероятности блокировки

Заключение

В статье построена модель схемы доступа для сети с двумя услугами, генерирующими эластичный трафик. Управление доступом реализуется за счет механизма снижения скорости передачи данных от максимального значения (индивидуального потолка) до минимального, определяемого при помощи введения ограничения (порога) на число передаваемых блоков эластичных данных.

Результаты численного анализа показали, что для выбранных исходных данных относительные погрешности расчета показателей эффективности модели минимальны в случаях, когда спрос на услуги примерно одинаков, т.е. $\alpha = 0.5 - 0.7$.

Литература

1. Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284с.
2. Stasiak M., Glabowski M., Wisniewski A., and Zwierzykowski P. Modelling and dimensioning of mobile wireless networks: from GSM to LTE // Willey, 2010. – 340p.
3. ETSI 3GPP TS 23.203: Policy and charging control architecture: Release 11. – ETSI 3GPP. – 2012.
4. ETSI 3GPP TS 36.300: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2: Release 11. – ETSI 3GPP. – 2012.
5. ETSI 3GPP TS 23.401: General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access: Release 11. – ETSI 3GPP. – 2012.
6. Borodakiy V.Y., Gudkova I.A., Samouylov K.E., and Markova E.V. Modelling and performance analysis of pre-emption based radio admission control scheme for video conferencing over LTE // Proc. of the 2014 ITU Kaleidoscope Academic Conference (June 3–5, 2014, St. Peterburg, Russian Federation). – 2014. – P. 53–59.
7. Бородакий В.Ю., Гудкова И.А., Маркова Е.В. Рекуррентный алгоритм для расчета характеристик модели приоритетного управления доступом в сети LTE // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – М.: Издательский дом Медиа Паблшер. – 2013. – № 11. – С. 45–49.
8. Chowdhury M.Z., Jang Y.M., and Haas Z.J. Call admission control based on adaptive bandwidth allocation for multi-class services in wireless networks // Communications and Networks. – 2013. – Vol. 15. – P. 15–24.
9. Khabazian M., Kubbar O., and Hassanein H.S. A fairness-based pre-emption algorithm for LTE-Advanced // Proc. of the 10th IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM-2012

- (December 3–7, 2012, Anaheim, California, USA) – IEEE. – 2012. – P. 5320–5325.
10. Shorgin S.Ya., Samouylov K.E., Gudkova I.A., Markova E.V., and Sopin E.S. Approximating performance measures of radio admission control model for non real-time services with maximum bit rates in LTE // AIP Conference Proceedings: Proc. of the 12th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM-2014. – USA, AIP Publishing. – 2014. – Vol. 1558. – in press.
 11. Bonald T. and Virtamo J. A recursive formula for multirate systems with elastic traffic // IEEE Communications Letters. – 2005. – Vol. 9, No. 8. – P. 753–755.
 12. Bonald T. and Tran M.-A. Balancing elastic traffic sources // IEEE Communications Letters. – 2007. – Vol. 11, No. 8. – P. 692–694.
 13. Basharin G.P., Gaidamaka Y.V., and Samouylov K.E. Mathematical theory of teletraffic and its application to the analysis of multiservice communication of next generation networks // Automatic Control and Computer Sciences. – 2013. – Vol. 47, No. 2. – P. 62–69.
 14. Cisco visual networking index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013–2018: usage: White paper. – Cisco Systems. – 2014. – 40 p.

Сметанин Ю.Г.¹, Ульянов М.В.²

¹Вычислительный центр им. А.А. Дородницына, Российская академия наук, г. Москва, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник, smetanin.iury2011@yandex.ru

²Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, Российская академия наук, г. Москва, д.т.н., ведущий научный сотрудник, профессор кафедры алгоритмических языков факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова, muljanov@mail.ru

Энтропийные характеристики разнообразия в символьном представлении временных рядов¹⁵

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Временные ряды, обобщенные характеристики, символьные описания, оценка энтропии слов, характеристики символьного разнообразия.

АННОТАЦИЯ

В статье предложены энтропийные характеристики временных рядов, отражающие разнообразие их символьного представления. Применение подхода символьного кодирования позволяет получить представление временных рядов в пространстве слов выбранного алфавита. Исследование полученного представления методами комбинаторики слов позволяет получить оценку энтропии сдвигов как функцию длины скользящего окна. На основе исследования особенностей первой конечной разности этой функции предлагается пиковая характеристика символьного разнообразия временного ряда. Вторая предлагаемая характеристика представляет собой сумму значений функции энтропии сдвигов, превышающих определенный порог. Предложенные обобщенные характеристики могут быть использованы для последующего выявления характерных особенностей временных рядов на основе их кластерного анализа.

Введение

В настоящее время рассматриваются разнообразные подходы к исследованию временных рядов в аспекте их прогнозирования. По мнению авторов, интерес представляет подход кластерного анализа [1, 2], в котором объектом исследования является множество временных рядов, порожденных различными источниками. Пространство кластеризации строится на основе обобщенных универсальных характеристик временных рядов, которые являются координатами этого пространства. Одному временному ряду в таком пространстве соответствует точка в координатах универсальных характеристик.

Последующий кластерный анализ приводит к выделению кластеров, элементами которых являются временные ряды, близкие в смысле выбранной метрики пространства. Для полученных кластеров может быть решена задача о назначении методов прогнозирования — такой подход может способствовать повышению точности прогнозов за счет выбора метода, учитывающего специфику временных рядов, принадлежащих данному кластеру. В аспекте построения пространства кластеризации авторами в предыдущих работах и докладах [2, 3, 4]

¹⁵ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 13-07-00516.

были введены некоторые координаты такого пространства — сложность временного ряда по Колмогорову и гармоническая сложность временного ряда. Настоящая статья продолжает исследования авторов по данной проблематике и посвящена обобщенным характеристикам временных рядов, связанным с символьным разнообразием слов над конечным алфавитом.

Применение аппарата символьного кодирования позволяет получить представление временных рядов в пространстве слов некоторого выбранного алфавита. Исследование полученного представления методами комбинаторики слов позволяет получить оценку энтропии сдвигов как функцию длины скользящего окна. Именно эта функция и является базой для построения предлагаемых обобщенных характеристик. Мы хотим определить как границу наблюдаемого разнообразия подслов, так и суммарную нормированную оценку энтропии сдвигов.

Содержательно первая предлагаемая обобщенная характеристика отражает границу разнообразия подслов над фиксированным алфавитом в слове, представляющим собой символьный код рассматриваемого временного ряда, а вторая — среднее значение функции энтропии сдвигов до достижения определенного минимального порога.

Предложенные обобщенные характеристики могут быть использованы для последующего выявления специфических особенностей временных рядов, в частности, они могут использоваться, наряду с другим, как оси пространства кластеризации.

Символическая динамика и комбинаторика слов

В данной статье для исследования временных рядов используется подход, основанный на методах комбинаторики слов и анализе энтропии, в информации, представленной в виде слов над конечным алфавитом. Комбинаторика слов — термин, введенный в широкое обращение группой математиков, публикующих результаты своих исследований под псевдонимом M. Lothaire [5]. Этим термином объединяются направления исследований, связанные общими подходами, которые ранее оставались разбросанными по различным научным дисциплинам в математике и информатике, от теории чисел и теории динамических систем до анализа естественных языков и биологических последовательностей. Предметом исследований в комбинаторике слов является их внутренняя структура. Плодотворность этого подхода проявилась в эффективном применении методов этой научной дисциплины в других предметных областях. Типичными примерами являются применения в теории формальных языков и автоматов [6], теории групп [7], теории хаоса [8], фрактальном анализе [9], символической динамике [10] и анализе временных рядов, биоинформатике [11, 12], лингвистике и некоторых других областях. Анализ временных рядов или очень длинных последовательностей (например, символьных кодов ДНК [11, 13]) также тесно связан с задачами символической динамики [14].

Символической динамикой называют раздел теории динамических систем, в котором для описания последовательностей измерений состояния

системы используются символы из некоторого алфавита. Траекториям изучаемой системы соответствуют последовательности символов — слова в определенном алфавите. Наиболее эффективными методы символической динамики оказываются в описании и исследовании детерминированных систем, в которых из-за ограниченных возможностей измерения возникает сходство со случайными процессами. Описание динамики получается в терминах топологических аналогов марковских процессов — матриц возможных переходов между состояниями системы. Для построения такого описания необходимо выбрать алфавит, наиболее подходящий для представления разбиения пространства состояний системы на области, соответствующие измеряемым значениям. Сложность систем естественно оценивать числом различных конечных слов, входящих в допустимые бесконечные последовательности. Для количественной оценки целесообразно применять метрическую энтропию по Колмогорову или топологическую энтропию. Для оценки сложности индивидуальных траекторий системы можно строить оценки на основе сложности по Колмогорову. С помощью теста Колмогорова-Мартини-Лефа можно принимать решения о том, является ли индивидуальная траектория случайной.

В качестве примера можно привести задачу распознавания вторичной структуры белков [15], которая заключается в следующем. Белок можно представлять как одномерную последовательность аминокислот или как одномерную последовательность характерных локальных конфигураций. В настоящее время общепринятым является допущение, что первичная структура однозначно определяет вторичную. При этом задача определения вторичной структуры (структуры локальных конфигураций) формулируется как задача преобразования слов в алфавите имен аминокислот в слова над алфавитом локальных конфигураций с помощью кодов скользящего блока.

В данной статье рассматривается задача анализа бесконечных последовательностей (временных рядов) на основе символьного кодирования их достаточно длинных конечных отрезков. Целью является получения оценок энтропийных характеристик, полезных для выделения специфичных признаков в целях последующей кластеризации временных рядов.

Постановка задачи

Объектом исследования является временной ряд (произвольной природы)

$$T = \{ (f_i, t_i), f_i \in R^1, i = 1, \dots, n \}, \quad (1)$$

где f_i — значение характеристики наблюдаемого процесса в момент t_i , n — число наблюдений (отсчетов).

Предметом исследования являются обобщенные универсальные характеристики ряда, отражающие разнообразие наблюдаемых значений. В этой постановке мы формулируем следующие задачи относительно ряда T :

- задачу символьного кодирования значений временного ряда;

- задачу построения функции оценки энтропии сдвигов;
- задачу определения энтропийных характеристик символического разнообразия.

Дальнейшее изложение посвящено описанию предложенных авторами решений для сформулированных выше задач.

Символьное кодирование временного ряда по значениям

Требование универсальности пространства кластеризации разнородных временных рядов налагает, очевидно, и требования к их обобщенным универсальным характеристикам, конкретные значения которых интерпретируются как координаты точки, представляющей данный временной ряд в таком пространстве. Проблема универсализации связана с тем, что различные временные ряды имеют различную точность измерений (число значащих цифр в значении f_i) и различную вариацию по значениям. Решение проблемы авторы видят в едином масштабировании значений наблюдаемой функции процесса и построении на этой основе строки символов, отражающей динамику их числовых значений.

В целях такого масштабирования мы определяем размах варьирования значений исследуемого временного ряда: $V = y_{\max} - y_{\min}$, где

$$y_{\min} = \min_{i=1,n} f_i, \quad y_{\max} = \max_{i=1,n} f_i,$$

на котором вводим разбиение $y_i, i=1, \dots, m$ диапазона $[y_1, y_m]$, при этом $y_1 = y_{\min}, y_m = y_{\max}$. Поскольку значения временного ряда f_i могут попасть и в точки разбиения, мы рассматриваем множества

$$[y_i, y_{i+1}) = \{y \mid y_i \leq y < y_{i+1}, i = 1, \dots, m-1\},$$

которые далее будем называть полусегментами. Определение числа $k = m-1$ и внутренних границ $y_i, i=2, \dots, m-1$ таких полусегментов представляет собой самостоятельную и интересную задачу, одним из вариантов решения которой является применение бикритериального метода построения гистограмм [16]. Подробное изложение этого метода по отношению к символическому кодированию временных рядов приведено в [3]. Число полученных этим методом полусегментов k и определяет мощность используемого алфавита кодирования. Заметим, что последний элемент разбиения является, очевидно, сегментом. Выбор символов алфавита, по сути, не принципиален, но мы в дальнейшем будем использовать прописные символы латинского алфавита.

Каждый полусегмент в порядке разбиения кодируется соответствующим в порядке алфавита символом, и мы получаем представление временного ряда в виде строки символов, например для алфавита $\Sigma = \{A, B, C, D\}$ и некоторого временного ряда получаем строку: «BABCDEEDCCBBA.....». При этом числовое значение ряда кодируется символом полусегмента, в котором оно находится. Для временного ряда, содержащего n наблюдений, мы получаем его представление в виде строки из n символов над алфавитом Σ . Полученная строка символического кода значений может быть

основой и для решения задачи символьного кодирования временного ряда по тенденциям, более подробно см. в [3].

Отметим еще одно преимущество предлагаемого подхода символьного кодирования. За редким исключением значения в отсчетах временных рядов не являются точными. В качестве такого исключения приведем, например, ряды курсов валют. Для значений, имеющих погрешность измерений, в математической статистике принято строить доверительные интервалы. Используемый авторами бикритериальный метод построения гистограмм определяет ширину полусегмента гистограммы на основе построения доверительного интервала для математического ожидания относительно среднего значения в полусегменте [16], а, следовательно, и «ширину» диапазона значений для символа, кодирующего этот полусегмент. Таким образом, подход символьного кодирования более достоверно отражает исследуемый процесс с точки зрения математической статистики для значений, имеющих погрешности измерений.

Функция оценки энтропии сдвигов

С целью построения предлагаемых характеристик разнообразия, полученная символьным кодированием временного ряда строка подвергается обработке, первым этапом которой является оценка энтропии слов. Эта оценка используется как в символической динамике [10], так и в биоинформатике для оценки сложности нуклеотидных геномных последовательностей [17].

Оценка энтропии слов строится следующим образом [10, 18]. Фиксируется длина подслова m и алфавит Σ , и далее рассматриваются все возможные подслова длины m над этим алфавитом. Множество различных подслов есть Σ^m , а его мощность — $M = |\Sigma^m| = k^m$ есть общее число различных подслов длины m в алфавите Σ . Для фиксированного значения m вводится произвольная (например лексикографическая) нумерация подслов $s_i, i = \overline{1, M}$ в Σ^m .

Для вычисления оценки введем счетчики числа подслов c_i , начальные значения которых полагаются равными нулю. Введем также в рассмотрение функцию окна $w(m, j) = s$, значением которой является подслово s длины m , расположенное в исходном слове, начиная с позиции j .

Изначально позиционированное в начало анализируемого слова длины n , окно ширины m сдвигается каждый раз на один символ вплоть до достижения конца слова. Таким образом, мы имеем $n - m + 1$ позиций окна и соответствующие значения $w(m, j), j = 1, \dots, n - m + 1$. Для каждого положения окна j распознается подслово $w(m, j)$, полученное в окне, для которого по введенной нумерации подслов определяется номер i , такой, что:

$$s_i = w(m, j).$$

Если мы наблюдаем в текущей позиции окна ширины m подслово,

которое имеет номер i в принятой нумерации, то значение счетчика c_i увеличивается на единицу. Полученные значения счетчиков $c_i, i = \overline{1, M}$ являются основой для расчета оценки энтропии слов C_m по следующей формуле:

$$C_m = - \sum_{i=1}^M \left(\frac{c_i}{n-m+1} \right) \log_M \left(\frac{c_i}{n-m+1} \right). \quad (2)$$

Заметим, что применение основания M у логарифма приводит автоматически к нормировке значений C_m — значение 0 означает, что все подслова длины m одинаковы и состоят из одного и того же символа (фундаментальное отсутствие разнообразия). Просто показать, что значение $C_m = 1$ соответствует одинаковой частоте встречаемости всех возможных подслов из Σ^m в исходном слове. На основании оценки энтропии слов мы строим функцию $C(m) = C_m$, аргументом которой является длина подслова m , с областью определения: $1 \leq m \leq n$. Функция $C(m)$ вычисляется при фиксированном m по формуле (2) сдвигом окна ширины m по исходному слову. В соответствии с принятой в символической динамике терминологией [10] будем называть $C(m)$ функцией оценки энтропии сдвигов.

Особенности функции оценки энтропии сдвигов

Для дальнейшего построения предлагаемых характеристик временного ряда рассмотрим в общем случае поведение функции оценки энтропии сдвигов $C(m)$ как функции длины подслова m . Очевидно, что для произвольного слова при $m = n$ мы наблюдаем всего одно подслово, совпадающее с исходным словом, и, в соответствии с (2) $C(n) = 0$. На основании свойств энтропии, при $m = 1$ максимум $C(m)$ будет равен единице в случае, если частота символов алфавита в исходном слове одинакова.

Можно показать, что при достаточно малой длине подслова m по отношению к длине слова n , а именно при выполнении условия: $m^2 + 3m < n$, значение функции оценки энтропии сдвигов уменьшается при переходе от аргумента m к аргументу $m+1$, следовательно, $C(m)$ как функция целочисленного аргумента является функцией, спадающей от начального значения $C(1)$, которое при больших n и близких частотах символов алфавита, как правило, близко к единице, до значения $C(n) = 0$. Таким образом, мы можем характеризовать функцию $C(m)$ как функцию «убывающую по совокупности».

Пиковая характеристика символьного разнообразия

Интерес представляет изучение характера убывания значений $C(m)$ с ростом аргумента. Поскольку функция $C(m)$ — «убывающая по совокупности», рассмотрим инверсную конечную разность функции $C(m)$:

$$\Delta C(m) = C(m) - C(m-1), m = \overline{2, n}. \quad (3)$$

В силу определения функции $C(m)$ значения $\Delta C(m)$ ограничены, и

$0 \leq \Delta C(m) \leq 1$, но поведение $\Delta C(m)$ может быть достаточно сложным. Предположим, что начальное значение $C(1) \approx 1$, т.е. символы алфавита кодирования временного ряда имеют слабо отличающуюся частотную встречаемость — символьное разнообразие исходного слова достаточно богато. Тогда близкие к нулю начальные значения $\Delta C(m)$, характеризует нашу символьную последовательность как последовательность, обладающую достаточно богатым разнообразием подслов.

Однако функция $C(m)$ не может долго «держаться единицу». Определим пороговое значение \hat{m} , при котором теоретически функция оценки энтропии сдвигов еще может быть равной единице. Поскольку в сдвигающемся окне ширины m при мощности алфавита кодирования $k = |\Sigma|$ может наблюдаться максимально $M = |\Sigma^m| = k^m$ различных подслов, а всего в слове длины n мы имеем $n - m + 1$ позиций окна $w(m, j)$, то максимально возможная длина подслова при котором еще можно наблюдать полное разнообразие подслов, определяется из уравнения

$$M = k^{\hat{m}} = n - \hat{m} + 1,$$

что с учетом целочисленности \hat{m} приводит к значению порога

$$\hat{m} = \lfloor \log_k (n - \hat{m} + 1) \rfloor.$$

В предположении, что $n \gg \hat{m}$, значение $\hat{m} \approx \lfloor \log_k n \rfloor$. В окне ширины $\hat{m} + 1$ максимально наблюдаемое разнообразие слов в k раз меньше полного разнообразия для алфавита мощности k . Поэтому мы ожидаем падения значения функции $C(m)$ при $m = \hat{m} + 1$, и, следовательно, скачка значения $\Delta C(m)$ даже для псевдослучайной последовательности символов в исходном слове, обладающим конечной длиной. Таким образом, наличие ярко выраженного максимума у функции $\Delta C(m)$ при $m < \hat{m}$ означает, что начиная с данного значения m разнообразие подслов резко уменьшилось, и исходное слово обладает определенной регулярностью или периодичностью.

На основе этих рассуждений авторы и вводят пиковую характеристику символьного разнообразия временного ряда $\mu_p(T)$ в виде отношения значения аргумента функции $\Delta C(m)$, доставляющего ее максимум к максимально возможной ширине окна, сохраняющей полное разнообразие подслов. В этих целях определим максимум функции $\Delta C(m)$, и обозначим через m^* аргумент этого максимума

$$m^* = \arg \max_{2 \leq m \leq n} \Delta C(m).$$

Тем самым значение m^* определяет положение максимального скачка конечной разности. Рассмотрим отношение $\mu_p(T) = m^* / \hat{m}$. Оно нормировано в $[0, 1]$, и малые значения свидетельствуют о раннем наступлении потери разнообразия, а следовательно и о большей «простоте» исследуемого слова. Учитывая предложенный принцип построения характеристики, мы

окончательно получаем пиковую характеристику символьного разнообразия временного ряда $\mu_p(T)$ в виде

$$\mu_p(T) = \frac{m^*}{\hat{m}} = \frac{\arg \max_{2 \leq m \leq n} \Delta C(m)}{[\log_k n]} \quad (4)$$

Заметим, что в соответствии с (4) для периодических слов с малым периодом с ростом длины слова (числа отсчетов исходного временного ряда) значение $\mu_p(T)$ будет уменьшаться, что соответствует логике введенной характеристики — для длинного периодического слова с малым периодом символьное разнообразие очевидно мало.

Кумулятивная характеристика символьного разнообразия

Наряду с пиковой характеристикой авторы предлагают рассмотреть и кумулятивную характеристику, т.е. накопленную с увеличением длины окна энтропию сдвигов. По сути это интегральная характеристика, поскольку функция $C(m)$ является функцией целочисленного аргумента, то мы вправе лишь суммировать полученные значения.

В теории такая сумма должна рассматриваться до полной потери разнообразия, т.е. до значения $m = n$, при котором $C(n) = 0$. Однако заметим, что если мы уже прошли пиковое значение обратной конечной разности $\Delta C(m^*)$, то значения функции энтропии сдвигов при существенно больших значениях аргумента $m \gg m^*$ близки к нулю и мало информативны. На основании этих рассуждений авторы предлагают рассмотреть пороговое значение для функции $C(m)$, при достижении которого прекращается существенное накопление энтропии.

Введем в рассмотрение пороговое значение ε и определим значение аргумента \tilde{m} , при котором функция $C(m)$ после точки потери разнообразия станет меньше заданного порога:

$$\tilde{m}: m > m^*, C(\tilde{m}) < \varepsilon, C(\tilde{m} - 1) \geq \varepsilon.$$

На этой основе введем нормированную кумулятивную характеристику символьного разнообразия временного ряда $\mu_s(T)$ в виде

$$\mu_s(T) = \frac{1}{\tilde{m}} \sum_{i=1}^{\tilde{m}} C(i). \quad (5)$$

Заметим, что в силу (2) значения $C(i)$ нормированы в $[0,1]$, а следовательно в этот же сегмент нормированы и значения $\mu_s(T)$ в соответствии с (5). По принципу построения мы ожидаем, что «сложные» временные ряды, долго сохраняющие символьное разнообразие, будут иметь большие (близкие к единице) значения предложенной характеристики, чем «простые» ряды (например периодические), быстро теряющие такое разнообразие.

Модельный пример

Приведем модельный пример вычисления предложенных характеристик символического разнообразия для бесконечной периодической строки $(ABBAAB)_{\infty}$ в алфавите $\Sigma = \{A, B\}$.

Предварительные вычисления. Полученные по формулам (2) и (3) значения функций энтропии сдвигов $C(m)$ и ее обратной конечной разности $\Delta C(m)$ для модельной строки приведены в таблице 1, при этом результаты проводятся с тремя значащими цифрами после запятой.

Табл. 1. Значения функции оценки энтропии сдвигов и ее конечной разности.

m	$C(m)$	$\Delta C(m)$
1	1,000	
2	0,959	0,041
3	0,862	0,097
4	0,646	0,215
5	0,517	0,129
6	0,431	0,086
7	0,369	0,062
8	0,323	0,046

Соответствующие графики приведены на рисунках 1 и 2. Очевидно, что обе функции являются функциями целочисленного аргумента, но мы показываем их как кусочно-линейные для наглядности отображения тенденций.

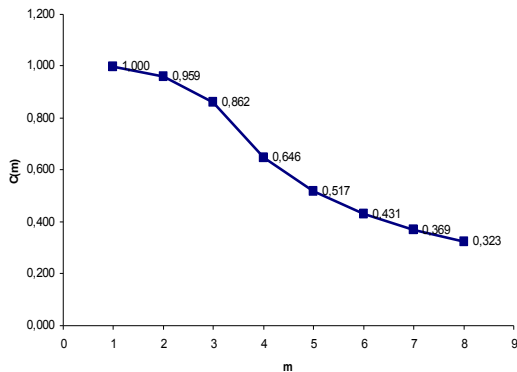


Рис. 1. График функции оценки энтропии сдвигов $C(m)$ для модельной строки

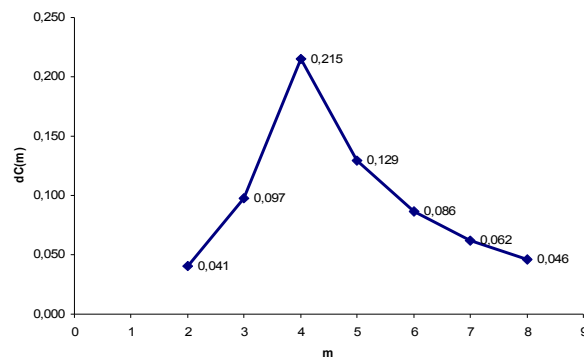


Рис. 2. График функции конечной разности $\Delta C(m)$ для модельной строки

Пиковая характеристика символического разнообразия. Заметим, что поскольку модельное слово имеет период 6, то, начиная с окна ширины 3, мы наблюдаем всего 6 различных подслов, а поскольку $|\Sigma| = 2$, то мощность полного множества подслов увеличивается вдвое при увеличении ширины окна на единицу. При $m = 3$ мы наблюдаем 6 подслов из 8 возможных, а при $m = 4$ — тоже 6 подслов, но уже из 16 возможных, и максимум функции $\Delta C(m)$ фиксирует потерю разнообразия при ширине окна $m = 4$. Значение предложенной пиковой характеристики зависит от длины строки в

соответствии с (4). Значения в таблице 1 рассчитаны для бесконечного слова, однако при больших длинах, например, при $n=1033$ эти значения изменяются уже незначительно. Для такой строки $m^* = 4$, а $\hat{m} = 10$ и значение характеристики $\mu_p(T) = 0,40$. Отметим, что при этом $\Delta C(4) = 0,215$, что составляет более, чем $1/5$ от возможного сегмента варьирования функции $C(m)$.

Кумулятивная характеристика символьного разнообразия. Очевидно, что исследователь вправе сам выбирать пороговое значения ε для $C(m)$, необходимым является только требование единого значения порога для всех исследуемых в данный момент временных рядов. В данном случае авторы приняли, что значение конечной разности $\Delta C(m) < 0,05$ при $m > m^*$, уже свидетельствует о значительной потере разнообразия. Такой выбор приводит к определению $\varepsilon = 0,37$ для $C(m)$ и значения $\tilde{m} = 7$ (см. таблицу 1), что дает сумму в формуле (5) равную 4,784 и значение кумулятивной характеристики $\mu_s(T) = 0,6835$.

Заключение

Представление временного ряда, полученное на основе символьного кодирования полусегментов с использованием бикритериального метода построения гистограмм, является основой для построения функции оценки энтропии сдвигов $C(m)$, аргументом которой является ширина окна. Построение обратной конечной разности $\Delta C(m)$ позволяет изучить особенности разнообразия подслов в исследуемом слове, а максимум этой разности свидетельствует о падении разнообразия как в смысле отклонения от равномерности частот подслов, так и в смысле собственно наблюдаемого разнообразия подслов.

На основе исследования поведения функции $\Delta C(m)$ авторы вводят пиковую характеристику символьного разнообразия временного ряда $\mu_p(T)$ как отношение значения аргумента функции $\Delta C(m)$, доставляющего ее максимум, к максимально возможной ширине окна, сохраняющей полное разнообразие подслов. Вторая — кумулятивная характеристика $\mu_s(T)$ отражает поведение накопленной энтропии слов, позволяя оценить среднее значение энтропии в символьном коде временного ряда. По предложенным принципам построения, малые значения $\mu_p(T)$ и $\mu_s(T)$ соответствуют «простым» временным рядам с вероятно хорошей возможностью их прогнозирования, а большие, близкие к единице, значения — рядам с ярко выраженной хаотичностью.

Литература

1. Грабуст П. Способы оценок сходства временных рядов // Научные труды Межд. Конф. «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения», Минск, БГУ, 15-19 сентября 2008 г. Минск: Белорусский государственный университет, 2008. С. 23-24.

2. Ульянов М.В., Сметанин Ю.Г. Об одном подходе к построению кластерного пространства временных рядов: колмогоровская и гармоническая сложность // Proceedings of the International scientific-practical conference «Information Control Systems and Technologies» (ICST 2013). Odessa, 2013. С. 30-36.
3. Ульянов М.В., Сметанин Ю.Г. Подход к определению характеристик колмогоровской сложности временных рядов на основе символьных описаний // Бизнес-информатика. 2013. №2 (24). С. 49-54.
4. Сметанин Ю.Г., Ульянов М.В. Пространство обобщенных характеристик для классификации временных рядов: характеристика гармонической сложности // Сборник статей МНТК «Проблемы автоматизации и управления в технических системах» / Под ред. д.т.н., проф. М.А.Щербакова. Пенза: Изд. ПГУ, 2013. С. 125-128.
5. Lothaire M. Algebraic combinatorics on words. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002. 455 pp.
6. Хопкрофт Д., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. 528 с.
7. Morse M., Hedlund G. Unending chess, symbolic dynamics and a problem in semigroups // Duke Mathematical Journal. 1944. No.11. P. 1-7.
8. Симиу Э. Хаотические переходы в детерминированных и стохастических системах. М.: Физматлит, 2007. 208 с.
9. Афраймович В., Угальде Э., Уриас Х. Фрактальные размерности для времен возвращения Пуанкаре. Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, R&C Dynamics, 2011. 292 с.
10. Lind D., Marcus B. An introduction to symbolic dynamics and coding. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995. 495 pp.
11. Математические методы для анализа последовательностей ДНК. М.: Мир, 1999. 349 с.
12. Гамов Г. Комбинаторные принципы в генетике // Прикладная комбинаторная математика / Под ред. Э.Беккенбаха. М.: Мир. 1968. С. 288-308.
13. Гасфилд Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах: Информатика и вычислительная биология / Пер с англ. СПб.: Невский диалект; БХВ-Петербург, 2003. 654 с.
14. Боуэн Р. Методы символической динамики. М.: Мир, 1979. 245 с.
15. Рудаков К.В., Торшин И.Ю. Об отборе информативных значений признаков на базе критериев разрешимости в задаче распознавания вторичной структуры белка // ДАН. 2011. Т. 441, № 1. С. 1-5.
16. Петрушин В.Н., Ульянов М.В. Бикритериальный метод построения гистограмм // Информационные технологии и вычислительные системы. 2012. № 4. С. 22-31.
17. Орлов Ю.Л. Анализ регуляторных геномных последовательностей с помощью компьютерных методов оценок сложности генетических текстов // Дисс. на соискание уч. ст. канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 148 с.
18. Орлов Ю.Л. Компьютерная реализация оценок сложности текстов // Материалы конференции «Дискретный анализ и исследование операций» (ДАОР), Новосибирск, Институт математики СО РАН, Новосибирск: Изд-во Института математики СО РАН, 2004. С. 225.

Копылов Н. А.

Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант, nakopylov@gmail.com

Квантовый стохастический однокубитовый нейрон

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Квантовые вычисления, квантовые нейронные сети, стохастический нейрон.

АННОТАЦИЯ

Квантовые нейронные сети (КНС) объединяют подходы квантовых и нейровычислений. Интерес к ним обусловлен способностью работать с классическими и квантовыми ресурсами, возможностью использования быстрых квантовых алгоритмов, экспоненциальной ёмкостью памяти, а также возможной ролью процессов, подобных квантовомеханическим, в работе мозга и формировании сознания.

В статье затрагиваются вопросы построения модели квантового стохастического нейрона.

Введение

Понятие «квантовые нейронные сети» относится к моделям искусственных нейронных сетей, которые используют те или иные принципы квантовых вычислений в своей работе. Среди существующих моделей можно выделить два основных класса: нейронные сети с квантовыми нейронами и модели квантовой ассоциативной памяти. Смежным направлением исследований являются попытки объяснить работу мозга с привлечением идей теории нейронных сетей и эффектов, подобных квантовомеханическим [2,5-7]. Сами понятия квантовых нейронных сетей и квантовых нейровычислений были введены Каком [4] и Ежовым с Вентурой [1,15].

Искусственные нейрон

Искусственный (формальный) нейрон — это единица обработки информации в искусственных нейронных сетях [3,12]. Модель искусственного детерминистического нейрона описывается тремя основными элементами:

1.Набором синапсов (соединений), каждый из которых характеризуется силой своего влияния на нейрон — синаптическим весом. Входной сигнал x_i синапса i , подключённого к данному нейрону, умножается на вес w_i ;

2.Функцией-сумматором, объединяющей (складывающей) входящие сигналы с соответствующими им весами;

3. Функцией активации (передаточной функцией), которая определяет диапазон и зависимость выходных значений нейрона от взвешенной суммы входных сигналов.

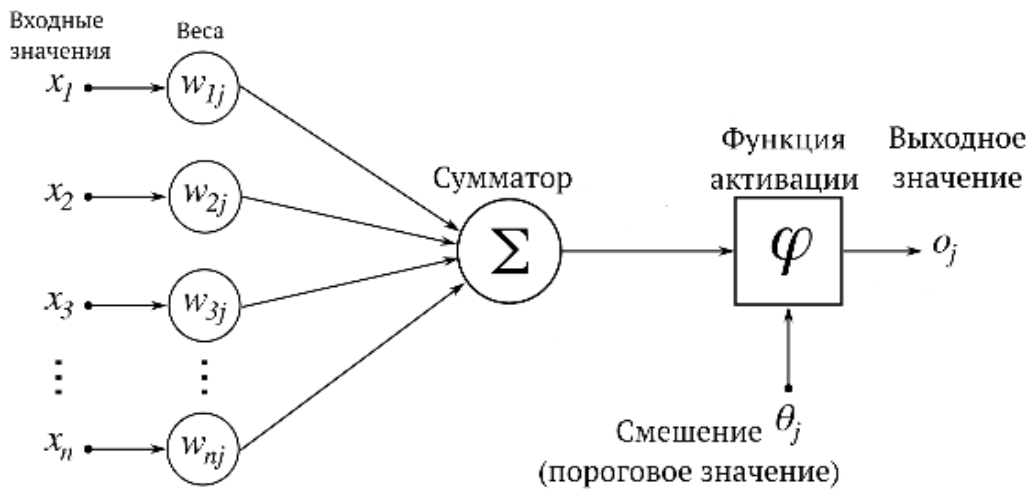


Рис. 1. Модель искусственного нейрона

Модель стохастического нейрона

В случае стохастической модели [3,12] функция активации рассматривается с вероятностной точки зрения: нейрон может давать на выходе только два значения: 0 или 1, — каждое из которых получается с вероятностью, определяемой функцией активации $P(v)$:

$$x = \begin{cases} 1 & \text{с вероятностью } P(v) \\ 0 & \text{с вероятностью } 1 - P(v) \end{cases}$$

Искусственные нейронные сети

Искусственные нейронные сети являются совокупностью связанных между собой формальных нейронов [3,12]. Каждый из них принимает, обрабатывает и передаёт информацию. Обычно нейроны делят на слои. В связи с тем, что существуют различные точки зрения на определение слоёв в нейронных сетях, условимся, что в качестве слоя рассматривается совокупность нейронов, а не весов связей, соединяющих соседние нейроны.

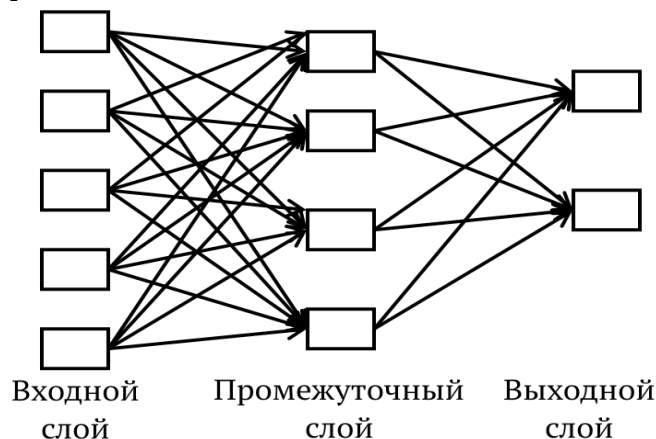


Рис. 2. Схема нейронной сети прямого распространения

В представленной статье рассматривается квантовый аналог сетей

прямого распространения. В сетях этого типа можно выделить три основных вида слоёв нейронов: входной, промежуточные, выходной. В сетях прямого распространения каждый слой обрабатывает некую совокупность сигналов и передаёт следующему слою результаты своей работы. Выходные сигналы последнего слоя представляют результат работы сети, таким образом, отсутствуют обратные связи между нейронами. Схематичное изображение нейронной сети прямого распространения приведено на рис. 2.

Модель квантового однокубитового нейрона

Основой предлагаемой модели искусственного стохастического нейрона является кубит, который является двухуровневой квантовой системой [11]:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, \text{ где } \alpha \text{ и } \beta \text{ комплексные.}$$

Входными сигналами нейрона являются внешние управляющие воздействия – операторы вращения кубита вокруг заданной оси. Не умаляя общности, можно рассматривать вращения кубита в одной плоскости при $\varphi=0$, что даёт вектор состояния кубита, записанный с использованием углов на сфере Блоха, следующего вида [11]:

$$|\psi\rangle = \begin{pmatrix} \cos(\theta/2) \\ \sin(\theta/2) \end{pmatrix}$$

Соответственно, кубит поворачивается относительно оси Oy . Оператор вращения с учетом синаптического веса w_i имеет следующий вид:

$$R_y(\theta_i w_i) = \begin{pmatrix} \cos\left(\frac{\theta_i w_i}{2}\right) & -\sin\left(\frac{\theta_i w_i}{2}\right) \\ \sin\left(\frac{\theta_i w_i}{2}\right) & \cos\left(\frac{\theta_i w_i}{2}\right) \end{pmatrix}$$

Для определения функции-сумматора, воспользуемся тем свойством, что вектор состояния кубита сохраняет положение после того, как на него подействовал оператор поворота, поэтому последовательное применение нескольких операторов подряд поворачивает кубит на сумму углов поворота, соответствующих операторам вращения.

В предлагаемой модели функцией активации является измерение кубита в вычислительном базисе $\{|0\rangle, |1\rangle\}$. В соответствии с постулатами квантовой механики при измерении с вероятностью $|\alpha|^2$ кубит перейдёт в состояние $|0\rangle$ и с вероятностью $|\beta|^2 = 1 - |\alpha|^2$ — в состояние $|1\rangle$. Таким образом, квантовый нейрон будет проявлять поведение, подобное поведению классического стохастического нейрона.

Важно также отметить, что согласно современным представлениям квантовомеханические процессы являются истинно случайными, благодаря чему у предлагаемой модели нейрона есть преимущество перед классическими стохастическими моделями, использующими генераторы псевдослучайных чисел в своей работе.

Решение задачи исключающего ИЛИ

Исключающее ИЛИ (XOR) — это булева функция двух аргументов. Значением функции является «истина» (то есть 1) тогда и только тогда, когда лишь один из аргументов является истинным.

Таблица 1. Таблица истинности исключающего ИЛИ

x	y	$x \text{ XOR } y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

В своей работе [10] Минский показал, что классический однослойный (без скрытых слоев) перцептрон не может решить задачу исключающего ИЛИ. Однако перцептрон со скрытым слоем может решить эту задачу [12].

В представленной статье показано, что простейшая квантовая нейронная сеть прямого распространения без скрытых слоёв (перцептрон) на основе предлагаемой модели нейрона может решать задачу исключающего ИЛИ. Соответствующая квантовая схема изображена на рис. 3, где H — оператор Адамара [10]. Если синапс x_i передает значение 1 (соответствующий кубит-нейрон находится в состоянии $|1\rangle$), то состояние нейрона y изменяется управляемым вращением $R_i(\theta_i w_i)$, которому соответствует вес w_i . Не умаляя общности, будем читать, что для сети с двумя входами $\theta_i = \pi/2$. Такое значение выбрано из тех соображений, что при весах двух синапсов, равных единице, и пороговом значении, равном нулю, значение кубита будет инвертировано.

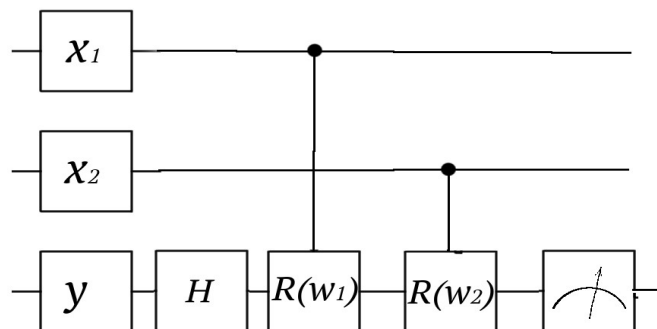


Рис. 3. Квантовая схема перцептрона, решающего задачу исключающего ИЛИ

Благодаря принципам отложенного и неявного измерения [10], для удобства проведения численного эксперимента возможно заменить квантовомеханические условные операции на классические. Схема, полученная в результате преобразования представлен на рис. 4.

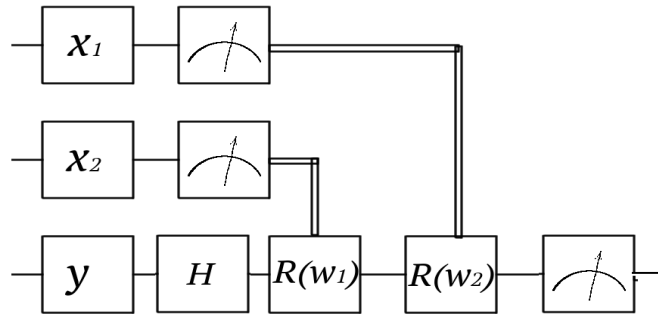


Рис. 4. Квантово-классическая схема перцептрона

При обучении сети минимизируется среднеквадратичная ошибка, определяемая следующей формулой: $E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (g_k - y_k)^2$, где m — количество обучающих примеров, g_k — ответ, соответствующий k -му примеру, y_k — выход нейронной сети. Для обновления вектора весов w используется метод градиентного спуска. Таким образом, алгоритм обучения включает в себя следующие шаги:

5. Инициализировать веса (включая пороговое значение) случайным образом на отрезке $[-1;1]$;
6. Начальное состояние рабочего кубита u установить в $|0\rangle$, применить к нему элемент Адамара и оператор вращения, отвечающий порогу;
7. Подать на вход обучающие примеры, вычислить ошибку;
8. Определить новые значения весов;
9. Повторять шаги 1—4, пока не будет достигнуто целевое значение ошибки или количество итераций не превысит заданное максимально допустимое значение.

Численный эксперимент

Численный эксперимент проведён в свободной среде GNU Octave, совместимой со средой MATLAB, с использованием схемы на рис. 4. Полученные векторы весов проверены в среде Maple подстановкой в схему, изображённую на рис. 3.

Эксперимент выполнен в двух вариантах, которые условно назовём «дискретным» и «непрерывным». В первом варианте выходом нейронной сети является состояние кубита, которое будет получено с большей вероятностью при измерении рабочего кубита [14]: так только вероятность получить при измерении $|0\rangle$ превышает 0,5, то выходом сети будет 0. Во втором варианте выход — непосредственно вероятность получения $|0\rangle$.

Обучающим набором для задачи исключающего ИЛИ является $\{(x_1, x_2; y)\} = \{(0,0;0), (0,1;1), (1,0;1), (1,1;0)\}$. Эксперимент состоит из 1000 испытаний. В каждом из них постоянная обучения η изменяется с 0,2 до 2,0 с шагом 0,2. В случае, когда количество итераций обучения превысит 500, считается, что сеть не сходится к решению. Наглядно результаты показаны на рис. 5, рис. 6 и таб. 2.

На основе данных, полученных в эксперименте, можно сделать следующие выводы:

- 1) предложенная модель может эффективно обучаться решению задачи исключающего ИЛИ;
- 2) модель ожидаемым образом обучается в среднем медленнее при малых значениях постоянной η , но в остальном слабо зависит от неё;
- 3) сходимость одинаково высока для всех рассмотренных значений постоянной обучения;
- 4) при решении задачи XOR предложенная в работе модель превосходит иные модели, в том числе с большим количеством нейронов в сети.

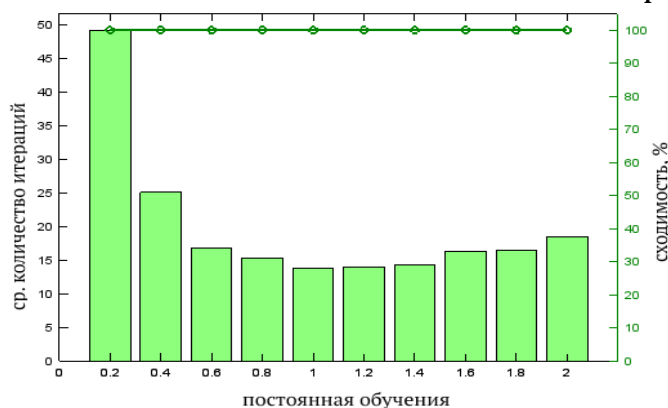


Рис. 5. Зависимость количества итераций обучения от постоянной η в «дискретном» эксперименте

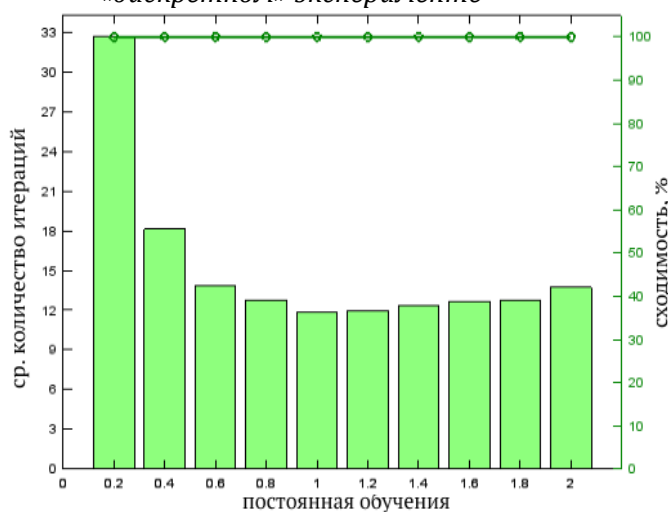


Рис. 6. Зависимость количества итераций обучения от постоянной η в «непрерывном» эксперименте

Таблица 2. Сравнение различных моделей при $\eta=1$.

Модель	Количество итераций
«Дискретная»	12
«Непрерывная»	15
Маэды с одним нейроном в посл. слое [9]	122
Маэды с тремя нейронами в посл. слое [9]	50
Клас. персептрон с одним скрытым слоем [8]	648

Заключение

В статье рассмотрена модель однокубитового стохастического нейрона, который показал большую эффективность по сравнению с существующими моделями.

Возможными направлениями дальнейших исследований являются: изучение применимости предложенной модели в нейронных сетях сложной архитектуры, например, в рекуррентных; рассмотрение возможности использовать запутанность в качестве дополнительного ресурса для вычислений; возможные приложения квантовых нейронных сетей указанной модели; изучение возможности исполнения КНС на различных физических реализациях квантового компьютера.

Литература

1. Ezhov A., Ventura D. Quantum neural networks // *Futur. Dir. Intell. Syst. ...* / ed. Kasabov N. Heidelberg: Physica-Verlag HD, 2000. Vol. 45.
2. Hameroff S. Orchestrated Reduction of Quantum Coherence in Brain Microtubules: A Model for Consciousness // *NeuroQuantology*. 2007. Vol. 5, № 1.
3. Haykin S. *Neural networks: a comprehensive foundation*. 1st ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1994. P. 768.
4. Kak S. On quantum neural computing // *Inf. Sci. (Ny)*. 1995. Vol. 83, № 3-4. P. 143–160.
5. Konishi E. Modeling Quantum Mechanical Observers via Neural-Glial Networks // *Int. J. Mod. Phys. B*. 2012. Vol. 26, № 9. P. 24.
6. Lee B., Liu C.Y., Apuzzo M.L.J. Quantum computing: a prime modality in neurosurgery's future. // *World Neurosurg. Elsevier Inc.*, 2012. Vol. 78, № 5. P. 404–408.
7. Litt A. et al. Is the brain a quantum computer? // *Cogn. Sci.* 2006. Vol. 30, № 3. P. 593–603.
8. Lugade V. *Neural Networks — A Multilayer Perceptron in Matlab* [Online]. 2011. URL: <http://matlabgeeks.com/tips-tutorials/neural-networks-a-multilayer-perceptron-in-matlab/>.
9. Maeda M., Suenaga M., Miyajima H. Qubit neuron according to quantum circuit for XOR problem // *Appl. Math. Comput.* 2007. Vol. 185, № 2. P. 1015–1025.
10. Minsky M.L., Papert S. *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*. MIT Press, 1969. P. 258.
11. Nielsen M.A., Chuang I.L. *Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition*. 10th ed. Cambridge CB2 8RU, UK: Cambridge University Press, 2010. P. 676.
12. Rumelhart D.E., McClelland J.L. *Parallel Distributed Processing: Foundations*. MIT Press, 1986. P. 567.
13. Russell S. et al. *Artificial intelligence: a modern approach* // Vasa. Prentice Hall, 1995.
14. Душкин Р.В. Квантовые вычисления и функциональное программирование. 2014.
15. Ежов А.А. Некоторые проблемы квантовой нейротехнологии // *Нейроинформатика-2003. Лекции по нейроинформатике, часть 2* / ed. Тюменцев Ю.В. Москва: МИФИ, 2003. P. 29–74.

Шилов Н.В.¹, Шилова С.О.² Бернштейн А.Ю.³

¹ Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, г.Новосибирск, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, shilov@iis.nsk.su

² Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, г.Новосибирск, программист, shilov61@inbox.ru

³ Новосибирский государственный университет г.Новосибирск, студент механико-математического факультета, bahtoh@gmail.com

Обобщенная тотальность недетерминированных схем Янова и разрешимость программной логики с неподвижными точками

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Программные логики, неподвижные точки, разрешающая процедура, недетерминированные схемы Янова, обобщенная проблема тотальности.

АННОТАЦИЯ

В статье описан обновленный вариант разрешающей процедуры для пропозициональной программной логики с неподвижными точками, основанный на использовании недетерминированных схем Янова и методе верификации формул этой логики в конечных моделях.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 13-01-00645-а.

1. Пропозициональное μ -исчисление

Определим синтаксис и семантику пропозиционального μ -исчисления ($\mu\mathcal{C}$ – от μ -Calculus) [9,14].

Определение 1. Пусть $\{\text{true}, \text{false}\}$ – это булевские константы, а Var и Act – это непересекающиеся счётные алфавиты пропозициональных и программных переменных. Синтаксис пропозиционального $\mu\mathcal{C}$ состоит из формул, которые определяются по индукции следующим образом.

Булевские константы и все пропозициональные переменные являются формулами;

любые пропозициональные комбинации формул являются формулами: отрицание ($\neg\varphi$), конъюнкция ($\varphi \wedge \psi$) и дизъюнкция ($\varphi \vee \psi$) любых формул тоже формулы;

для любой программной переменной $a \in \text{Act}$ и формулы φ модальные конструкции ($\langle a \rangle \varphi$) и ($[a]\varphi$) тоже являются формулами;

для любой пропозициональной переменной $x \in \text{Var}$ и формулы φ , в которой нет ни негативных (т.е. в области действия нечётного числа отрицаний), ни связанных (т.е. в области действия μx и/или νx) вхождений x , конструкция наименьшей ($\mu x. \varphi$) и наибольшей ($\nu x. \varphi$) неподвижных

точек тоже являются формулами (в которых все вхождения x становятся связанными).

Как обычно, самые внешние скобки вокруг формул и некоторые внутренние скобки (в соответствии со стандартным приоритетом пропозициональных операций) могут быть опущены. В дальнейшем нам так же понадобится операция синтаксической подстановки: $s(o/t)$ будет обозначать подстановку выражения o в выражение s вместо всех вхождений t ; пусть также $s_0(o/t)$ обозначает само выражение s , и для любого $n \geq 0$, если $s_n(o/t)$ уже определено, то пусть $s_{(n+1)}(o/t) \equiv s(s_n(o/t)/t)$. Таким образом, $s_k(o/t)$ обозначает k -кратную подстановку выражения o в s на место t .

Семантика μC определяется в моделях, которые в теории программирования называются помеченными системами переходов (labeled transition systems), а в модальной логике и философии – моделями и/или системами Крипке. В рамках данной статьи мы будем просто говорить модель и употреблять программистскую терминологию.

Определение 2. Каждая модель M – это тройка (D, R, E) , в которой

- множество $D = \emptyset$ называется носителем и/или областью модели, а его элементы называются состояниями;
- функция $R: Act \rightarrow 2^{D \times D}$ называется интерпретацией, она сопоставляет каждой программной переменной $a \in Act$ бинарное отношение $R(a) \subseteq D \times D$;
- функция $E: Var \rightarrow 2^D$ называется оценкой или означиванием, она сопоставляет каждой пропозициональной переменной $x \in Var$ предикат $E(x) \subseteq D$.

Если M – это модель (D, R, E) , $S \subseteq D$ – множество состояний, а $x \in Var$ – пропозициональная переменная, то обозначим посредством $M_{S/x}$ модель $(D, R, E_{S/x})$, где $E_{S/x} = upd(E, x, S)$ то есть оценка, которая отличается от E только (может быть) на x : $E_{S/x}(x) = S$.

Определение 3. Семантика μC определяется посредством распространения функции означивания в моделях с пропозициональных переменных на все формулы μC индукцией по структуре формул следующим образом. Пусть M – это произвольная модель (D, R, E) . Тогда

- $M(\text{true}) = D$, $M(\text{false}) = \emptyset$, а $M(x) = E(x)$ для любой пропозициональной переменной $x \in Var$;
- $M(\neg \varphi) = D \setminus M(\varphi)$, $M(\varphi \wedge \psi) = M(\varphi) \cap M(\psi)$, $M(\varphi \vee \psi) = M(\varphi) \cup M(\psi)$;
- $M(\langle a \rangle \varphi) = \{s \in D; t \in D((s, t) \in R(a) \text{ и } t \in M(\varphi))\}$,
- $M([a]\varphi) = \{s \in D; t \in D((s, t) \in R(a) \Rightarrow t \in M(\varphi))\}$;
- $M(\mu x. \varphi)$ – это наименьшее (по \subseteq) множество состояний $S \subseteq D$, что $M_{S/x}(\varphi) = S$;
- $M(\nu x. \varphi)$ – это наибольшее (по \subseteq) множество состояний $S \subseteq D$, что $M_{S/x}(\varphi) = S$.

Часто удобно использовать тернарное отношение

выполнимости/истинности \models между состояниями, моделями и формулами:
 $s \models_M \varphi \Leftrightarrow s \in M(\varphi)$.

В отдельном комментарии нуждается определение семантики конструкции наибольшей и наименьшей неподвижной точки. Корректность определения (т.е. существование наименьшего и наибольшего решений уравнения $M_{S/x}(\varphi) = S$ над 2^D) следует из теоремы Кнастера-Тарского о неподвижных точках монотонных (неубывающих) отображений на полных решётках [12, 9, 14]. За недостатком места мы не можем приводить эту теорему целиком, но сформулируем только её следствие.

Следствие 1 (из теоремы Кнастера-Тарского). Для любой пропозициональной переменной $x \in \text{Var}$, любой μ C-формулы φ в которой нет негативных и связанных вхождений x , для любого $n \geq 0$, для любой модели M имеют место следующие включения: $M(\varphi_n(\text{false}/x)) \subseteq M(\mu x.\varphi)$ и $M(\nu x.\varphi) \subseteq M(\varphi_n(\text{true}/x))$.

Определение 4.

- μ C-формула φ называется истинной в модели M (обозначение $\models_M \varphi$), если $M(\varphi) = D_M$, где D_M – это область модели M ; формула называется истинной (обозначение $\models \varphi$), если она истинна в любой модели.
- μ C-формула φ называется выполнимой в модели M , если существует такое состояние s в этой модели, что $s \models_M \varphi$; формула называется выполнимой, если она выполнима в какой-либо модели.

Определение 5. Язык формул называется исчислением, если он снабжён аксиоматической системой доказательства (синтаксического вывода) некоторых формул этого языка, которые в таком случае называются доказуемыми или выводимыми в этом исчисления. Если в языке формул семантически определено понятие истинных формул, то будем говорить, что этот язык

- разрешим, если существует алгоритм проверки истинности формул этого языка;
- аксиоматизируем, если существует алгоритм перечисления всех истинных формул этого языка.

Исчисление (и его аксиоматическая система), в котором выделены истинные формулы, называется

- корректным, если все доказуемые формулы являются истинными;
- полным, если все истинные формулы являются доказуемыми.

Язык формул, в котором семантически определено понятие истинных формул, называется (синтаксически) аксиоматизируемым (или аксиоматизируемым в узком смысле) если для него существует полное и корректное исчисление.

Легко видеть, что синтаксически аксиоматизируемый язык формул автоматически является аксиоматизируемым.

В первоначальной работе [9] было определено μ -исчисление и

доказана его корректность. Первая полная и корректная синтаксическая аксиоматизация для $\mu\mathcal{C}$ была построена в работе [14], а полнота и корректность исходной аксиоматизации была доказана только спустя 7 лет в работе [14]. Разрешимость $\mu\mathcal{C}$ с экспоненциальной верхней оценкой сложности была доказана независимо в работе [11] (с использованием трансляции формул $\mu\mathcal{C}$ в недетерминированные схемы Янова на основе разрешающего алгоритма для обобщенной тотальности таких схем из работ [4, 10]) и работе [8] (методом сведения к проблеме непустоты автоматов на бесконечных деревьях).

2. Специальные классы формул и моделей

Определение 6. Пусть \mathbf{M} – класс моделей, а φ и ψ – формулы $\mu\mathcal{C}$. Будем говорить, что эти формулы эквивалентны в классе \mathbf{M} , если для любой модели M из этого класса $M(\varphi)=M(\psi)$. В частности, если \mathbf{M} – это класс всех моделей, то будем говорить просто об эквивалентности формул; если же \mathbf{M} состоит из единственной модели M , то эти формулы эквивалентны в модели M .

Определение 7. $\mu\mathcal{C}$ -формула нормализована, если в ней отрицание \neg применяется только к пропозициональным переменным.

Легко доказать следующее обобщение законов де Моргана.

Утверждение 1. Для любой пропозициональной переменной x и любых $\mu\mathcal{C}$ -формул φ и ψ имеем:

$\neg(\neg\varphi)$ эквивалентна φ	
$\neg(\varphi\wedge\psi)$ эквивалентна $(\neg\varphi)\vee(\neg\psi)$	$\neg(\varphi\vee\psi)$ эквивалентна $(\neg\varphi)\wedge(\neg\psi)$
$\neg(\langle a \rangle\varphi)$ эквивалентна $[a](\neg\varphi)$	$\neg([a]\varphi)$ эквивалентна $\langle a \rangle(\neg\varphi)$
$\neg(\mu x.\varphi)$ эквивалентна $\nu x.(\neg\varphi(\neg x/x))$	$\neg(\nu x.\varphi)$ эквивалентна $\mu x.(\neg\varphi(\neg x/x))$

Поэтому всякая $\mu\mathcal{C}$ -формула эквивалентна некоторой нормализованной $\mu\mathcal{C}$ -формуле, которую можно построить по исходной формуле за линейное время (от размера формулы).

Определение 8. Пусть φ – $\mu\mathcal{C}$ -формула, а x – переменная; будем говорить, что переменная x защищена в φ , если любое вхождение x в φ находится в области действия хотя бы одной модальности $[...]/\langle...\rangle$. Формула называется защищённой если в ней все связанные вхождения переменных защищены.

В [13, 14] доказано следующее

Следствие 2 (из теоремы Кнастера-Тарского). Всякая $\mu\mathcal{C}$ -формула эквивалентна некоторой защищённой $\mu\mathcal{C}$ -формуле, которую можно построить по исходной формуле за экспоненциальное время (от размера формулы).

Определение 9. Строгая модель – это произвольная модель $M=(D,R,E)$ такая, что для любой программной переменной $a\in\text{Act}$ её интерпретация $R(a)$ – это всюду определённая функция $R(a):D\rightarrow D$. Вариант μ -исчисления с тем же синтаксисом, что у $\mu\mathcal{C}$, но в семантике которого используются

только строгие модели, будем называть строгим μ -исчислением (μS – от μ -Strict). Определения истинности и выполнимости μS -формул аналогично определению 4, но использует только строгие модели.

Утверждение 2. Следствие 1, утверждение 1 и следствие 2 переносятся на строгое μ -исчисление; кроме того, для любой программной переменной $a \in Act$ и любой μS -формулы φ следующие μS -формулы $[a]\varphi$ и $\langle a \rangle \varphi$ эквивалентны. Поэтому всякая μS -формула эквивалентна некоторой защищенной нормализованной μC -формуле без [...] модальности, причём эту формулу можно построить по исходной за экспоненциальное время (от размера формулы).

Определение 10. Формулы (возможно, разных логик) называются равноистинными если они или одновременно истинны, или одновременно не являются таковыми; аналогично, формулы называются равновыполнимыми, если они или одновременно выполнимы, или одновременно не являются таковыми.

Известно, что импликацию \rightarrow и эквивалентность \leftrightarrow можно ввести как макросы (сокращения) в формулах: для любых формул φ и ψ выражение $\varphi \rightarrow \psi$ – это сокращение для $(\neg \varphi) \vee \psi$, а выражение $\varphi \leftrightarrow \psi$ – это сокращение для $(\varphi \rightarrow \psi) \wedge (\psi \rightarrow \varphi)$. Аналогично, для программных переменных f и g , для пропозициональной переменной p будем использовать выражение $(f;p?)*;g$ в качестве следующего макроса в формулах:

$[(f;p?)*;g]\varphi$ – это сокращение для $\forall x.([g]\varphi \wedge [f](p \rightarrow x))$,

$\langle (f;p?)*;g \rangle \varphi$ – это сокращение для $\mu x.(\langle g \rangle \varphi \vee \langle f \rangle (p \wedge x))$,

где φ – произвольная формула, а new обозначает каждый раз новую (нигде ранее не использованную) пропозициональную переменную.

В [11] доказано следующее

Утверждение 3. Пусть φ – произвольная μC -формула, и пусть для каждой программной переменной $a \in Act$, которая встречается в φ , f_a , g_a и p_a – новые программные и пропозициональные переменные; пусть μS -формула ψ получается из φ в результате замены всех вхождений каждой программной переменной $a \in Act$ на $(f_a;p_a?)*;g_a$; тогда μC -формула φ равноистинна и равновыполнима с μS -формулой ψ . Поэтому по всякой μC -формуле за линейное время (от размера формулы) можно построить равноистинную и одновременно равновыполнимую μS -формулу.

Доказательство проходит в два этапа. Во-первых, каждая μC -формула φ истинна тогда и только тогда, когда она истинна во всех счётных древовидных моделях для φ . Каждая древовидная модель – это ориентированное дерево, в котором рёбра помечены программными переменными, которые встречаются в φ , а вершины помечены множествами пропозициональных переменных, которые тоже встречаются в φ . Область такой модели – это вершины дерева; интерпретация любой программной переменной (встречающейся в φ) – это все рёбра этого дерева, помеченные этой переменной; означивание любой

пропозициональной переменной (встречающейся в φ) – это все вершины, содержащие эту переменную в своей пометке. Для перехода к древовидной модели от некоторой исходной модели достаточно сначала в исходной модели сначала «склеить» все состояния, в которых истинны одни и те же μ С-формулы, а потом «совершить» бесконечный обход этой модели (как графа) в ширину, начиная с произвольно выбранной вершины (развернуть её в бесконечное дерево). При этом истинность всех μ С-формул в состояниях сохраняется после склейки состояний и после копирования при обходе в ширину.

Во-вторых, от любой счётной древовидной μ С-модели для μ С-формулы φ можно перейти к μ S-модели для построенной μ S-формулы ψ , «промоделировав» интерпретацию каждой программной переменной $a \in \text{Act}$, встречающейся в φ , при помощи (см. рис. 1)

- введения в дерево после каждой вершины дополнительных промежуточных вершин,
- конструкции $(f_a; p_a?)^*; g_a$ (в которой новые программные переменные f_a и g_a интерпретируются функциями) для недетерминированного последовательного перебора всех a -наследников этой вершины,
- и пропозициональной переменной p_a для «контроля» на дополнительных вершинах конечно ли множество a -наследников.

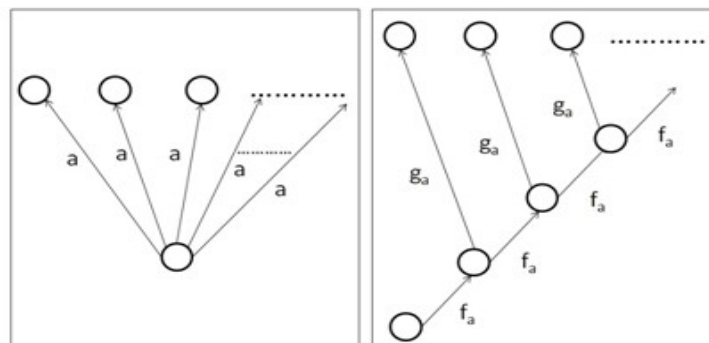


Рис.1. Переход от счётной древовидной μ С-модели к μ S-модели

В этой построенной μ S-модели ψ истинна в тех и только тех состояниях исходной счётной древовидной μ С-модели, в которых истинна μ С-формула φ . ■

Следствие 3 (из теоремы Кнастера-Тарского). Для любой пропозициональной переменной $x \in \text{Var}$, любой μ S-формулы φ в которой нет негативных и связанных вхождений x , для любой строгой модели M имеют место следующие равенства: $M(\mu x. \varphi) = \bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x))$ и $M(\nu x. \varphi) = \bigcap_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{true}/x))$.

Доказательство. Оба равенства доказываются одновременной индукцией по числу конструкторов неподвижных точек в формуле φ . Так как доказательство базы индукции и шага для обоих равенств проходят аналогично, то дадим набросок доказательства только базы индукции только для первого из равенств – для $M(\mu x. \varphi) = \bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x))$. База индукции когда φ не имеет конструкторов неподвижных точек

доказывается следующим образом. Во-первых, для любого $n \geq 0$ включение $M(\varphi_n(\text{false}/x) \subseteq M(\mu x.\varphi)$ верно в любой модели (см. следствие 1). А во-вторых, обратное включение $M(\mu x.\varphi) \subseteq \bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x)$ можно доказать от противного.

Обозначим $\bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x)$ через S и предположим, что $M_{S/x}(\varphi) \not\subseteq S$. Тогда существует такое состояние $s \in D_M$, что $s \in (M_{S/x}(\varphi) \setminus S)$. Так как φ – формула без неподвижных точек, то существует конечное множество $S_{\text{fin}} \subseteq S$ такое, что $s \in M_{S_{\text{fin}}/x}(\varphi)$. Но тогда $s \in \bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x)$ в силу конечности множества S_{fin} . – Пришли к противоречию. Следовательно сделанное предположение неверно и имеет место равенство $M_{S/x}(\varphi) = S$. ■

Определение 11. Эрбранова модель [11] или свободная интерпретация [2, 3] – это строгая модель, в которой область D – это множество Act^* всех слов, построенных из программных переменных (включая пустое слово ϵ), а интерпретация R задаётся следующим образом: $R(a)(w) = wa$ для любой программной переменной $a \in \text{Act}$ и любого слова $w \in \text{Act}^*$.

Если внимательно проанализировать первый этап доказательства утверждения 3, то можно доказать следующее

Утверждение 4. μS -формула истинна тогда и только тогда, когда она истинна во всех эрбрановых интерпретациях.

3. Недетерминированные схемы Янова

Схемы Янова [5, 6] – классическая модель программ, обладающая хорошими алгоритмическими свойствами [2, 3]. Определим, следуя [4, 10, 11] синтаксис и семантику недетерминированных схем Янова.

Определение 12. Метка – это произвольное натуральное число. Присваивание (помеченный оператор присваивания) – это произвольное выражение вида $l: f \text{ goto } L$, где l – метка, f – программная переменная, а L – конечное множество меток (возможно, пустое). Выбор (помеченный оператор выбора или условный оператор) – это произвольное выражение вида $l: \text{if } p \text{ then } L^+ \text{ else } L^-$, где l – метка, p – пропозициональная переменная, а L^+ и L^- – конечные множества меток (возможно, пустые). Недетерминированная схема Янова (н.с.я.) – это произвольное конечное множество помеченных операторов.

Легко видеть, что классические схемы Янова – это н.с.я. в которых все множества меток (т.е. все L , L^+ и L^- в операторах) являются одноэлементными.

Семантика («работа») н.с.я. определяется в строгих интерпретациях в терминах конфигураций, срабатываний операторов и траекторий. Неформально говоря, работа схемы в интерпретации начинается с оператора, помеченного меткой 0 (ноль), состоит в исполнении операторов в соответствии с командами передачи управления и заканчивается при переходе на любую метку, которая не метит ни одного оператора в схеме.

Определение 13. Выберем и зафиксируем произвольную н.с.я. S и произвольную строгую модель $M = (D, R, I)$. Конфигурация – это

произвольная пара (l, s) , где l – метка, а s – состояние. Срабатывание оператора $l: f \text{ goto } L$ – это произвольная пара конфигураций $(l, s)(l', s')$ такая, что $s'=f(s)$ и $l' \in L$. Срабатывание оператора $l: \text{if } p \text{ then } L^+ \text{ else } L^-$ – это произвольная пара конфигураций $(l, s)(l', s)$ такая, что $l' \in L^+$, если $s \in E(p)$, и $l' \in L^-$ в противном случае. Трасса (S) – это произвольная последовательность состояний $(l_0, s_0) \dots (l_k, s_k)(l_{k+1}, s_{k+1}) \dots$ такая, что каждая пара конфигураций $(l_k, s_k)(l_{k+1}, s_{k+1})$ является срабатыванием какого-либо оператора (S) . Полная трасса (S) – это такая трасса, которая начинается с метки 0, и, или заканчивается меткой, которая не метит ни одного оператора в S , или бесконечна.

Любая (классическая) схема Янова в любой строгой модели для любого состояния имеет ровно одну полную трассу, которая начинается в этом состоянии. Схема Янова называется тотальной, если все ее полные трассы во всякой строгой модели являются конечными. Проблема тотальности для схем Янова – это алгоритмическая задача определения по произвольной входной схеме Янова, является ли эта схема тотальной. Хорошо известно, что проблема тотальности разрешима для схем Янова, причём, для проверки тотальности достаточно проверить во всех эрбрановых моделях конечность полных трасс, которые начинаются с конфигурации $(0, \emptyset)$ (где \emptyset – пустое слово) [2, 3]. Понятие, которое вводится в следующем определении, является обобщением понятия тотальности схем Янова.

Определение 14. Пусть $\text{Fin} \subseteq \text{Var}$ – произвольное множество пропозициональных переменных; эрбранова модель $M=(D,R,E)$ называется подходящей для Fin , если для любой пропозициональной переменной $p \in \text{Fin}$ множество $E(p)$ является конечным; н.с.я. S называется тотальной относительно Fin , если в любой подходящей для Fin модели S имеет конечную полную трассу, начинающуюся в конфигурации $(0, \emptyset)$. Проблема обобщённой тотальности – это алгоритмическая задача определения по произвольной н.с.я. S и множеству пропозициональных переменных Fin , является ли эта схема S тотальной относительно этого множества Fin .

Договоримся характеризовать размер н.с.я. количеством операторов присваивания n_A и операторов выбора n_C в схеме. В работах [4, 10] разработана и обоснована процедура проверки обобщенной тотальности со сложностью $\exp(n_A+n_C)$. Ниже мы опишем новую процедуру проверки обобщенной тотальности, но только для класса так называемых защищенных н.с.я.

Определение 15. Н.с.я. называется защищённой, если любой путь (по графу блок-схемы этой н.с.я.) ненулевой длины от какого-либо условного оператора к какому-либо условному оператору (возможно к тому же) с одной и той же пропозициональной переменной обязательно содержит оператор присваивания.

Вообще говоря, можно так обобщить для н.с.я. понятие функциональной эквивалентности классических схем Янова [2, 3], что

каждая н.с.я. окажется эквивалентной некоторой защищённой н.с.я. Однако, с точки зрения исследования разрешимости и аксиоматизируемости μC , это свойство не представляет интереса. Для исследования разрешимости и аксиоматизируемости μC важно, что защищённую н.с.я. можно превратить в модель.

Определение 16. Пусть S – защищенная н.с.я. Для каждой пропозициональной переменной p , которая встречается в S , пусть pls_p и min_p – пара новых (различных) программных переменных. Обозначим через M_S модель (D_S, R_S, E_S) , где

- DS – это объединение следующих множеств
 - $\{(l, f) : l \text{ – метка, } f \text{ – программная переменная такие, что в } S \text{ есть оператор присваивания } l: f \text{ goto } \dots\}$;
 - $\{(l, p), \{(l, \neg p) : l \text{ – метка, } p \text{ – пропозициональная переменная такие, что в } S \text{ есть оператор выбора } l: p \text{ then } \dots \text{ else } \dots\}$;
 - $\{(l, stop) : l \text{ – метка, которая встречается в } S, \text{ но не метит ни одного оператора}\}$;
- для любой программной переменной f , которая встречается в S , $R_S(f) = \{((l, f), (k, m)) : (l, f) \text{ и } (k, m) \text{ – состояния из } D_S, \text{ а в } S \text{ есть оператор присваивания } l: f \text{ goto } L \text{ где } k \in L\}$;
- для любой пропозициональной переменной p , которая встречается в S , $R_S(pls_p) = \{((l, p), (k, m)) : (l, p) \text{ и } (l', m) \text{ – состояния из } D_S, \text{ а в } S \text{ есть оператор выбора } l: \text{if } p \text{ then } L \text{ else } \dots, \text{ где } k \in L\}$;
- для любой пропозициональной переменной p , которая встречается в S , $R_S(min_p) = \{((l, \neg p), (k, m)) : (l, \neg p) \text{ и } (l', m) \text{ – состояния из } D_S, \text{ а в } S \text{ есть оператор выбора } l: \text{if } p \text{ then } \dots \text{ else } L, \text{ где } k \in L\}$;
- для любой пропозициональной переменной p , которая встречается в S , $E_S(p) = \{(l, p) : (l, p) \text{ – состояние из } D_S\}$.

Определение 17. Пусть $Fun \subseteq Act$ – произвольное конечное множество программных переменных, φ – произвольная μC -формула, $M=(D,R,E)$ – модель, а s – состояние этой модели. Для произвольной бесконечной последовательности состояний $s_0, s_1, \dots \subseteq D$ будем говорить, что она порождается Fun из s в M , если $s_0=s$, и для любого $k \geq 0$ существует $a \in Fun$ что $(s_k, s_{k+1}) \in R(a)$. Будем также говорить, что

- формула φ неизбежна при Fun в M из s , если любая бесконечная последовательность состояний $s_0, s_1, \dots \subseteq D$ порождённая Fun из s содержит состояние $s_j \models_M \varphi$;
- Fun справедливо к φ в M из s , если любая бесконечная последовательность состояний $s_0, s_1, \dots \subseteq D$ порождённая Fun из s содержит бесконечную подпоследовательность состояний t_0, t_1, \dots , в которой $t_j \models_M \varphi$ для любого состояния $t_j, j \geq 0$.

Утверждение 5. Для любой защищенной н.с.я. S , произвольного конечного множества пропозициональных переменных Fin , если Fun – это множество всех программных переменных S и новых программных

переменных, соответствующих пропозициональным переменным, которые встречаются в S , имеем: S тотальна относительно $\text{Fin} \Leftrightarrow \text{Fun}$ справедливо к $\bigvee_{p \in \text{Fin}} p$ в M_S .

Доказательство: Схема Янова называется свободной, если любой путь по графу её блок-схемы реализуется в некоторой модели (для некоторых состояний) [2, 3]. Это определение можно распространить на н.с.я. Так как S – защищенная н.с.я., то она является свободной. В силу свободы S и конечности Fin имеем: S не является тотальной относительно $\text{Fin} \Leftrightarrow$ существует бесконечная полная трасса в M_S в которой формула $\bigvee_{p \in \text{Fin}} p$ выполняется только конечное число раз. ■

Определение 18. Пусть $\text{Fun} \subseteq \text{Act}$ – произвольное конечное множество программных переменных, а φ – произвольная μ C-формула. Обозначим через $\text{AF}(\text{Fun}, \varphi)$ (от Always in Future, одна из связок Computation Tree Logic CTL [1]) следующую μ C-формулу $\mu y. (\varphi \vee \bigwedge_{a \in \text{Fun}} [a]y)$, а через $\text{fair}(\text{Fun}, \varphi)$ – μ C-формулу $\vee x. (\text{AF}(\text{Fun}, \varphi \wedge \bigwedge_{a \in \text{Fun}} [a]x))$.

Утверждение 6. Для любой модели $M=(D, R, E)$, для любого состояния $s \in D$, для любых конечного множества программных переменных Fun и μ C-формулы φ имеем:

- $s \models_M \text{AF}(\text{Fun}, \varphi) \Leftrightarrow \varphi$ неизбежна при Fun в M из s ;
- $s \models_M \text{fair}(\text{Fun}, \varphi) \Leftrightarrow \text{Fun}$ справедливо к φ в M из s .

Доказательство первой части утверждения очевидно. Для доказательства второй части выберем произвольную бесконечную последовательность состояний $s_0, s_1, \dots \subseteq D$, порождённую Fun из s в M такую, что $s_0 \models_M \text{fair}(\text{Fun}, \varphi)$; в силу первой части утверждения среди её элементов есть состояние t_0 , что $t_0 \models_M \varphi \wedge \text{AF}(\text{Fun}, x)$, то есть такое, что $t_0 \models_M \varphi$ и $t_0 \models_M \text{AF}(\text{Fun}, \text{fair}(\text{Fun}, \varphi))$; поэтому среди членов этой последовательности, следующих за t_0 , есть такое состояние t_1 , что $t_1 \models_M \varphi \wedge \text{AF}(\text{Fun}, x)$, и так далее.

■ Из утверждений 5 и 6 следует

Утверждение 7. Для любой защищенной н.с.я. S , произвольного конечного множества пропозициональных переменных Fin , если Fun – это множество всех программных переменных S и новых программных переменных, соответствующих пропозициональным переменным, которые встречаются в S , имеем: S тотальна относительно $\text{Fin} \Leftrightarrow s \models_{M_S} \text{fair}(\text{Fun}, \bigvee_{p \in \text{Fin}} p)$.

Определение 19. Задача верификации в моделях (model checking) [1] формул (варианта) μ -исчисления – это задача вычисления $M(\varphi)$ по входной модели M (из класса моделей для данного варианта) и μ -формуле φ (данного варианта).

Утверждение 8. Проблема обобщенной тотальности для защищённых н.с.я. разрешима за время $O(n_A + n_C)^2$.

Доказательство этого утверждения следует из утверждения 7 и того факта [1], что верификацию μ -формулы φ в конечной модели $M=(D,R,E)$ можно выполнить за время $O(|\varphi| \cdot |x| \cdot |M|^{\text{alt}(\varphi)})$, где $|\varphi|$ – число связок и модальностей в формуле, $\text{alt}(\varphi)$ – число альтернатив (перемен)

вложенных неподвижных точек μ/ν , а $|M|$ - размер модели (равный сумме числа состояний и ребер в интерпретации R).

4. Разрешимость μ -исчисления

Опишем рекурсивный алгоритм F2S (Formulas To Schemes) трансляции строгих защищенных нормализованных μS -формул в защищенные недетерминированные схемы Янова. В описании этого алгоритма мы будем использовать стандартные структурированные конструкции $S'; S''$ для последовательной композиции, $\text{if } q \text{ then } S' \text{ else } S''$ для детерминированного выбора и недетерминированного выбора $S' \cup S''$ н.с.я. S' и S'' ; эти структурированные конструкции легко представимы в терминах и средствами н.с.я. Кроме того мы будем использовать конструкции stop для завершения работы (перехода на метку, которая ничего не метит) и loop для бесконечного цикла.

- Для любой пропозициональной переменной
 - $F2S(p) = \{0: \text{if } p \text{ then stop else loop}\}$,
 - $F2S(\neg p) = \{0: \text{if } p \text{ then loop else stop}\}$.
- $F2S(\varphi \wedge \psi) = \text{if } q \text{ then } F2S(\varphi) \text{ else } F2S(\psi)$, где q - новая пропозициональная переменная.
- $F2S(\varphi \vee \psi) = F2S(\varphi) \cup F2S(\psi)$.
- Для любой пропозициональной переменной
- $F2S(\langle a \rangle \varphi) = \{0: a \text{ goto stop}\} ; F2S(\varphi)$.
- $F2S(\mu x. \varphi)$ получается из $F2S(\varphi)$ в результате замены всякого условного оператора $\text{if } x \text{ then stop else loop}$ на оператор безусловного перехода $\text{goto } \{0\}$.
- $F2S(\nu x. \varphi)$ получается из $F2S(\varphi)$ в результате замены всякого условного оператора $\text{if } x \text{ then stop else loop}$ на условный оператор $\text{if } p \text{ then } \{0\} \text{ else stop}$.

Утверждение 9. В результате применения алгоритма F2S к защищенной нормализованной μS -формуле за линейное время получается защищенная н.с.я.

Утверждение 10. Пусть φ - произвольная нормализованная μS -формула, Gfp (Greatest fix points) - множество всех пропозициональных переменных этой формулы, связанных в этой формуле посредством ν . μS -формула φ тождественно истинна в эрбрановой модели M тогда только тогда, когда н.с.я. $F2S(\varphi)$ останавливается во всяком подходящем для Gfp расширении M .

Доказательство можно провести индукцией по структуре формулы. База индукции (случай, когда формула - это пропозициональная переменная или ее отрицание) и шаг индукции для дизъюнкции и модальности $\langle \dots \rangle$ являются очевидными.

Шаг индукции для конъюнкции следует из возможности интерпретировать новую пропозициональную переменную q в $\text{if } q \text{ then } F2S(\varphi) \text{ else } F2S(\psi)$ произвольным образом и тем самым «проверить» обе

н.с.я. $F2S(\varphi)$ и $F2S(\psi)$.

Идея доказательства шага индукции для $\mu r.\varphi$ состоит в следующем. Согласно следствию 3, $M(\mu x.\varphi) = \bigcup_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{false}/x))$. Но $F2S(\mu x.\varphi)$ получается из $F2S(\varphi)$ в результате замены всякого условного оператора `if x then stop else loop` на оператор безусловного перехода `goto {0}`, т.е. $F2S(\mu x.\varphi)$ есть как бы $F2S(\bigvee_{n \geq 0} \varphi_n(\text{false}/x))$.

Идея доказательства шага индукции для $\nu r.\varphi$ состоит в следующем. Согласно следствию 3, $M(\nu x.\varphi) = \bigcap_{n \geq 0} M(\varphi_n(\text{true}/x))$. Но $F2S(\nu x.\varphi)$ получается из $F2S(\varphi)$ в результате замены всякого условного оператора `if x then stop else loop` на условный оператор `if p then {0} else stop`, т.е. $F2S(\nu x.\varphi)$ есть как бы $F2S(\bigwedge_{n \geq 0} \varphi_n(\text{true}/x))$, причем p может быть истинным любое (но только) конечное число раз (т.к. $p \in Gfp$). ■

На основании утверждений 2-4 и 8-10 мы получаем следующую теорему.

Теорема. Пропозициональное μ -исчисление разрешимо с экспоненциальной верхней оценкой сложности посредством сведения проблемы тождественной истинности μ -формул к проблеме обобщенной тотальности недетерминированных схем Янова.

Литература

1. Кларк Э.М., Грамберг О., Пелед Д. Верификация моделей программ. Model Checking. – М.: МЦНМО, 2002.
2. Котов В.Е. Введение в теорию схем программ. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1978.
3. Котов В.Е., Сабельфельд В.К. Теория схем программ. – М.: Наука, 1991.
4. Непомнящий В.А., Шилов Н.В. «Недетерминированные схемы программ и их отношение к программным логикам» // Кибернетика. – 1988, №3. – Стр.12-18, 28.
5. Янов Ю.И. «О логических схемах алгоритмов» // Проблемы кибернетики, вып. 1. М.: Физматгиз, – 1958. – Стр.75-127.
6. Подловченко Р.И. «От схем Янова к теории моделей программ» // Математические вопросы кибернетики, вып. 7. – 1998. – Стр.281-302.
7. Emerson E.A. «Model Checking and the Mu-calculus» // Proceedings of a DIMACS Workshop Descriptive Complexity and Finite Models, American Mathematical Society. – P.185-214.
8. Emerson E.A. and Jutla C.J. «The Complexity of Tree Automata and Logics of Programs» // SIAM J. Comput., v. 29. – 1999. – P.132-158.
9. Kozen D. «Results on the Propositional Mu-Calculus» // Theoretical Computer Science, v.27. – 1983. – P.333-354.
10. Nepomniaschij V.A., Shilov N.V. «Non-deterministic program schemata and their relation to dynamic logic» // Mathematical logic and its applications, Proc. Adv. Int. Summer Sch. & Conf., Druzhba/Bulgaria, 1986. Plenum Press. – 1987. – P.137-147.
11. Snilov N.V. «Program Schemata vs. Automata for Decidability of Program Logics» // Theor. Comput. Sci., v.175. – 1997. – P.15-27.
12. Tarski A. «A lattice-theoretical fixpoint theorem and its applications» // Pacific Journal of Mathematics, v.5. – 1955. – P.285-309.
13. Walukiewicz I. «A Complete Deductive System for the mu-Calculus» // Proceedings of IEEE LICS'93. – 1993. – P.136-147.
14. Walukiewicz I. «Completeness of Kozen's axiomatisation of the propositional Mu-calculus» // Information and Computation, v.157. – 2000. – P.142-182.

Ромасевич П.В.

Волгоградский государственный университет, г.Волгоград,
к.т.н., доцент кафедры «Телекоммуникационных систем», promasevich@dlink.ru

Оценка необходимой канальной емкости телекоммуникационной системы с ограниченной буферной памятью в условиях самоподобного трафика

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Канальная емкость, самоподобный трафик, коэффициент использования, буферная память

АННОТАЦИЯ

В данной работе получены формулы для оценки средней задержки при прохождении трафика через телекоммуникационную инфраструктуру произвольной топологии и величины канальной емкости интерфейса с учетом самоподобия трафика, вариации трафика как функции пиковой скорости и объема всплеска трафика, коэффициента использования и ограниченного размера буферной памяти.

Введение

В связи с динамичным ростом рынка телекоммуникационных услуг и «облачных» сервисов, технология предоставления которых предполагает удаленное и зачастую динамически меняющееся местоположение контента, важнейшее значение имеет непрерывное их обеспечение при разумных финансовых затратах и в связи с этим автоматически встает задача не только кардинальной модернизации телекоммуникационной инфраструктуры, но и предварительной оценки её ключевых параметров, ответственных за качественное предоставление сервисов.

Одним из таких параметров является временная задержка, вносимая телекоммуникационной системой при передаче трафика через неё, величина которой зависит от множества факторов – потери пакетов, скоростей каналов и степени их загрузки, внутренней архитектуры сетевого оборудования и архитектуры сети в целом, величины буферной памяти сетевых интерфейсов, параметров неравномерности сетевого трафика, а также эффекта самоподобия.

Поэтому оценка средней задержки при изменении параметров канала связи и понимание того как удержать её в допустимых пределах является важной прикладной задачей.

На практике изменение параметров каналов связи может быть обусловлено изменившимися техническими или финансовыми условиями,

которые определяют конкретные типы сетевого оборудования и скорости каналов связи, изменением природы трафика в связи с внедрением новых услуг, интенсивностью эксплуатации и, как следствие, вынужденной или плановой заменой оборудования.

Важным показателем является также среднее число пакетов в телекоммуникационной системе, которое необходимо для оценки пропускной способности телекоммуникационной систем при её проектировании.

С точки зрения эксплуатации телекоммуникационных сетей, которые, как правило, построены на различном оборудовании с различными параметрами, на практике важна оценка границы значений канальной емкости интерфейса узла сети в зависимости от его параметров, при которой потерь пакетов не происходит.

Многочисленные зарубежные и отечественные исследования последнего десятилетия также показали, что трафик в сетях передачи данных проявляет свойства самоподобия [4]. Эффект самоподобия трафика оказывает негативное влияние на производительность сетей передачи данных ввиду значительно большей потребности в буферной памяти телекоммуникационных систем, что является одним из основных факторов, влияющих на величину задержки [4].

Как показано в [1], [2] и [3], предположение о независимости интервалов между поступающими пакетами и их длинами действительно имеет место в телекоммуникационных сетях с большим количеством интерфейсов и позволяет произвести декомпозицию телекоммуникационных устройств на элементы «канал+интерфейс», рассматривая их отдельно, найденные параметры которых являются слагаемыми для получения общего результата [6]. Это также справедливо с точки зрения аппаратной архитектуры большого числа сетевых устройств. Со своей стороны, примем допущение, что данные результаты распространяются на сети с самоподобным трафиком.

Зачастую, при построении моделей телекоммуникационных систем принимается допущение, что пакеты в системе не теряются [6]. Это предполагает бесконечность буферной памяти интерфейсов ввода/вывода, что на практике невыполнимо. Однако, пакеты теряются не только при переполнении буфера, а также при повреждении при передаче по каналам связи.

При этом, получаемые в основном результаты напрямую неприменимы на практике ввиду сложности аналитических выражений и наличия в них параметров, которые интуитивно непонятны сетевому инженеру и не могут быть получены им напрямую из технической документации, системы управления устройством или системы мониторинга телекоммуникационной сети при работе специалиста с оборудованием непосредственно на объекте.

Поэтому цель данной работы состояла в получении простого

выражения для оценки необходимой канальной емкости интерфейса телекоммуникационного оборудования с ограниченным буфером в условиях самоподобия трафика, которое может помочь инженеру эксплуатации для конфигурации активного сетевого оборудования в «полевых» условиях.

Задержка одноканальной телекоммуникационной системы в условиях самоподобного трафика и потери пакетов.

Для оценки задержки произвольной телекоммуникационной системы воспользуемся результатами, полученными в [5]:

$$T = \frac{\bar{n}}{\lambda} \sum_i \left(\frac{a f^{-1}(\varepsilon)^{2H} \rho}{C^{2H-1} (1-\rho)^{2H}} \right)_i^{\frac{1}{2(1-H)}}, \quad (1)$$

где средняя задержка телекоммуникационной сети зависит от вариации трафика a , скорости канала C и обратной функции от распределения вероятности потери пакетов $f^{-1}(\varepsilon)$, средней длины пути в телекоммуникационной сети \bar{n} , параметра Херста H и полной скорости трафика внутри сети λ .

В [8],[9] представлено описание вероятностного закона превышения длины очереди над размером буферной памяти для самоподобного трафика, что фактически и является вероятностной функцией потери пакетов, которая может быть выражена распределением Вейбулла, обратная функция от которой равна:

$$f^{-1}(\varepsilon) \approx -\ln\left(\frac{(C-m)^{2H} \cdot x^{2-2H}}{2 \cdot H^{2H} \cdot (1-H)^{2-2H} \cdot a \cdot m}\right), \quad (2)$$

где

- C – полоса пропускания канала;
- H – параметр Херста;
- b – коэффициент вариации трафика;
- m – средняя скорость трафика;
- x – объем памяти ввода/вывода.

Коэффициент вариации трафика a можно вычислить через его пиковую скорость и объем всплеска следующим образом [7]:

$$a = \frac{h^{2H-1} \cdot \left(\frac{2-2H}{3-2H} \cdot b\right)^{2-2H}}{(3-2H) \cdot (2H-1) \cdot H}, \quad (3)$$

где:

- h – скорость всплеска трафика;
- b – средний объем всплеска трафика.

Подставив эти выражения в формулу (1) и вспоминая, что $\bar{n} = \frac{\lambda}{\gamma}$ [1], где γ – средняя величина общего внешнего трафика телекоммуникационной сети, и $\rho = \frac{m}{C}$ мы получим:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_i \left[\frac{a\rho}{C^{2H-1}} \cdot \left(\frac{-\ln\left(\frac{C^{2H-1}}{2\rho a} \left(\frac{1-\rho}{H}\right)^{2H} \left(\frac{x}{1-H}\right)^{2(1-H)}\right)}{1-\rho} \right)^{2H} \right]^{\frac{1}{2(1-H)}} \quad (4)$$

Заметим, что согласно Литтлу, среднее число пакетов в телекоммуникационной системе равно:

$$R = \gamma T,$$

что дает нам из (4) оценку количества пакетов в телекоммуникационной системе с учетом самоподобия трафика и потери пакетов, как следствие ограниченности буферной памяти сетевых интерфейсов.

Анализируя полученный результат, видно, что уменьшению задержки способствует увеличение скорости внешних и внутренних каналов в сети. Напротив, изменчивость трафика и загрузка каналов телекоммуникационной сети отрицательно влияют на её задержку.

Из формулы (4) можно получить инженерную формулу, связывающую емкость канала с величиной буферной памяти интерфейса, которая может быть полезна при эскизном проектировании сети и позволяет сетевому инженеру сделать необходимые оценки для настройки оборудования, как говорится, «в поле». Поскольку задержка отрицательной быть не может, то должно выполняться условие:

$$\frac{C^{2H-1}}{2\rho a} \left(\frac{1-\rho}{H}\right)^{2H} \left(\frac{x}{1-H}\right)^{2(1-H)} < 1 \quad (5)$$

отсюда получаем выражение для оценки необходимой емкости канала при его планируемой загрузке в зависимости от размера буферной памяти используемого интерфейса:

$$C > \left[\frac{1}{2\rho a} \left(\frac{1-\rho}{H}\right)^{2H} \left(\frac{x}{1-H}\right)^{2(1-H)} \right]^{\frac{1}{1-2H}} \quad (6)$$

С точки зрения практической применимости соотношение (6) более приемлемо нежели

$$C = m \cdot (1 + \chi(H) \cdot (-2 \ln \varepsilon)^{\frac{1}{2H}} \cdot \left(\frac{x}{b}\right)^{\frac{H-1}{H}} \cdot \left(\frac{h}{m}\right)^{\frac{2H-1}{2H}}) \quad (7)$$

которая следует из известной формулы Норроса [9] (8)

$$C = m \cdot (1 + (-2 \cdot (k(H)^2) \cdot \ln \varepsilon)^{\frac{1}{2H}} \cdot a^{\frac{1}{2H}} \cdot x^{\frac{1-H}{H}} \cdot m^{\frac{2H-1}{H}}) \quad (8)$$

где

$$\chi(H) = 2^{\frac{1-H}{H}} (3-2H)^{\frac{3-2H}{2H}} \cdot H^{\frac{2H-1}{2H}} \cdot (1-H)^{\frac{2-2H}{H}} \cdot (2H-1)^{\frac{1}{2H}}$$

$$k(H) = H^H \cdot (1 - H)^{1-H}$$

так как в (6) присутствуют параметры, большинство из которых интуитивно понятны инженеру и могут быть легко получены им на месте.

Поэтому соотношение (6), например, может быть использовано для оценки канальной емкости Uplink-интерфейса между уровнями агрегации и ядра телекоммуникационной сети оператора.

Одна из задач дальнейшей работы состоит в проверке данного соотношения методом имитационного моделирования и постановкой серии экспериментов на реальном оборудовании.

Выводы

В данной работе получены формулы для оценки средней задержки при прохождении трафика через телекоммуникационную инфраструктуру произвольной топологии и величины канальной емкости интерфейса с учетом самоподобия трафика, вариации трафика как функции пиковой скорости и объема всплеска трафика, коэффициента использования и ограниченного размера буферной памяти.

Полученная формула оценки канальной емкости может быть легко применима в практической работе инженерами служб эксплуатации телекоммуникационных сетей для адекватной конфигурации активного сетевого оборудования и предварительной оценки возможности узла сети для передачи трафика с соответствующими параметрами.

Результаты работы могут быть использованы для предварительной оценки параметров телекоммуникационной телекоммуникационные инфраструктуры различного назначения для качественного предоставления услуг через неё.

Литература

1. Л.Клейнрок, Коммуникационные сети, М., Наука, 1970, 255 с.
2. Л.Клейнрок, Вычислительные системы с очередями, М., Мир, 1979, 598 с.
3. Л.Клейнрок, Теория массового обслуживания, М., Машиностроение, 1979, 432 с.
4. О.И.Шелухин, А.М.Тенякшев, А.В.Осин. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. – М., Радиотехника, 2003. – 479 с.
5. П.В.Ромасевич, Оценка влияния параметров телекоммуникационной системы на среднее время задержки в условиях самоподобного трафика // Инфокоммуникационные технологии. – 2005. – №3. – С. 21-26.
6. В.Столлингс, Современные компьютерные сети – М., Питер, 2003. - 782 с.
7. Ромасевич П.В., Адаптивная телекоммуникационная система как средство реализации качества обслуживания в сетях с интенсивным трафиком // Инфокоммуникационные технологии, 2006, - №3. С. 21-26.
8. I.Norros, A Storage Model with Self-Similar Input, Queuing Systems, Vol.16, 1994
9. Norros I. On the Use of Fractal Brownian Motion in the Theory of Connectionless Networks// IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – Aug. 1995. – Vol.13, №6. – Pp.953-962.

Ромасевич Е.П.

Волгоградский государственный университет, г.Волгоград, аспирант кафедры
«Телекоммуникационных систем», eromasevich2@mail.ru

Исследование влияния передачи трафика IPv6 на работоспособность сети MetroEthernet на основе имитационной модели

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Протокол IPv6, сеть MetroEthernet, потеря пакетов, имитационная модель.

АННОТАЦИЯ

В работе проведено исследование процесса потери пакетов в зависимости от размера MTU и объёма полезных данных при передаче самоподобного трафика в IPv6-сети масштаба города со смешанной архитектурой с помощью имитационной модели и выработаны рекомендации оператору по качественному предоставлению услуг при использовании в сети протокола IPv6.

Введение

В связи с динамичным ростом рынка «облачных» услуг, технологии предоставления которых предполагают удаленное и динамически меняющееся местоположение контента, связанного с миграцией виртуальных машин между ЦОД, важнейшее значение имеет непрерывное их качественное обеспечение при разумных финансовых затратах. В связи с этим актуальна задача не только кардинальной модернизации телекоммуникационной инфраструктуры, но и предварительной оценки её ключевых параметров, ответственных за качественное предоставление сервисов.

Это предполагает использование скоростных каналов связи и сетевого оборудования для обработки трафика различной природы с QoS, а также определенных архитектур телекоммуникационной инфраструктуры сети

Современной тенденцией развития телекоммуникационных сетей станет переход Интернет на протокол IP версии 6, очевидным преимуществом которого является увеличенное адресное пространство по сравнению с IPv4. Если у протокола IPv4 – 2^{32} адресов, то у IPv6 – 2^{128} адресов. IPv6 содержит немало и функциональных улучшений, прежде всего в области маршрутизации. Адресация теперь имеет иерархическую структуру, что облегчает передачу пакетов по сети. Также на уровне IP больше нет подсчёта контрольных сумм, что позволяет маршрутизаторам

не разбивать пакеты, экономя время обработки. Появились также новые возможности QoS и многоадресное вещание, а IPSec стал обязательным. Максимальный размер пакетов у шестой версии протокола может достигать 4 Гб, что несомненно приведёт к изменениям принципов передачи данных в будущем [1].

В настоящее время крупные операторы переводят свои сети на протокол IPv6. Однако при этом нет чёткого понимания, какое влияние работу телекоммуникационных сетей и на качество предоставляемых услуг окажет миграция на новый сетевой протокол.

При анализе действующих телекоммуникационных систем, ввиду риска постановки масштабных экспериментов на сети, с помощью моделирования определяют границы работоспособности системы, выполняют имитацию экстремальных условий, которые могут возникнуть в процессе ее функционирования. Искусственное создание таких условий на действующей системе затруднено и может привести к катастрофическим последствиям, если система не справится со своими функциональными обязанностями. Целесообразность использования моделирования для действующей системы состоит также в том, что можно опытным путем проверить адекватность модели и оригинала и более точно определить те параметры телекоммуникационной системы и внешних воздействий на нее, которые служат исходными данными для моделирования. Это позволяет выявить ее резервы и прогнозировать ее работу. [2]

Поэтому целью данной работы является исследование влияния миграции на сетевой протокол IPv6 сети MetroEthernet на её работоспособность на основе построенной имитационной модели.

Имитационная модель

Современная сетевая инфраструктура позволяет передавать данные практически без потерь и искажений в каналах между устройствами. Этим также продиктовано увеличение минимального размера MTU канального уровня до 1280 байт, с которым работает шестая версия IP. Однако сейчас, в сетях MetroEthernet используется MTU размером приблизительно от 1400 до 1500, в зависимости от используемого туннелирования. Очевидно, что при увеличении количества передаваемых в одном пакете данных, транзитные устройства будут тратить меньше времени на обработку заголовков.

Имитационная модель – совокупность описания системы и внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы или правил изменения состояния системы под влиянием внутренних и внешних возмущений. Эти алгоритмы и правила не дают возможности использования имеющихся математических методов аналитического и численного решения, но позволяют имитировать процесс функционирования системы и производить измерения интересующих характеристик. [2]

Основной задачей работы являлось изучение изменения потерь в

зависимости размера MTU при передаче трафика IPv6.

Исследование проводилось с помощью сетевого симулятора NS-3 – одного из самых динамично развивающихся продуктов в этой области. Для анализа результатов работы сетевого симулятора предназначен ряд инструментов. Симулятор NS-3 позволяет выбирать пользователю из нескольких видов трассировок. Первый вид трассировки даёт возможность производить анализ с помощью приложений-снифферов, таких, например, как Wireshark. Формат таких файлов трассировки называется PacketCapture и имеет расширение *.PCAP. К достоинствам такого формата можно отнести небольшой размер выходных данных, а также удобство фильтрации полученной информации, которую предлагают снифферы. Но есть также важный недостаток, из-за которого невозможно применение данного формата. PCAP создаёт информацию так, как если бы её снимали с сетевого устройства в режиме реального времени, и показывает лишь захваченные, то есть принятые, пакеты. Остаётся две неизвестных: количество потерянных пакетов и количество отправленных пакетов (так как количество отправляемых пакетов определяется в ходе моделирования с помощью вероятностного распределения).

Второй вид трассировки, который предлагает NS-3, является текстовым форматом ASCII. Формат представляет собой набор строк. Каждая строка представляет собой событие в модели. Первое значение в строке сообщает о том, что происходит с пакетом, далее следует время события, затем информация об узле и устройстве, которое создаёт событие в имитационной модели. После этого представлено содержимое пакета, а именно его заголовки, вложенные друг в друга, со всеми полями. Благодаря этому возможно легко анализировать пакеты, например, с помощью приложения обработки трассировок TraceMetrics, или таких инструментов фильтрации, какие есть, например, у MS Excel.

При всех преимуществах данного формата, использование известных приложений для обработки трассировочных файлов оказалось невозможным, ввиду их ограничения примерно до миллиона строк, тогда как выходные данные содержали 27-45 миллионов строк. Для решения данной проблемы была разработана программа подсчёта потерь. Данное приложение подсчитывает количество потерянных и полученных пакетов в сети, и автоматически приводит процент потерь как показано на рис. 1.

Также в данной программе реализована возможность указать номера узлов, которые необходимо исключить из подсчёта. Эта возможность необходима из-за особенностей трассировочных данных симулятора. Каждый пакет, проходя по сети, вызывает событие получения на каждом маршрутизирующем узле, через который проходит. Следовательно, количество «полученных пакетов» также будет выше реального, то есть в модели без потерь количество полученных пакетов будет в несколько раз больше, чем количество отправленных, что является абсурдом. Однако, и эти данные полезны, так как с их помощью можно дать приблизительную

оценку того, в какой части сети происходит большее количество потерь, не отслеживая каждый пакет в отдельности.

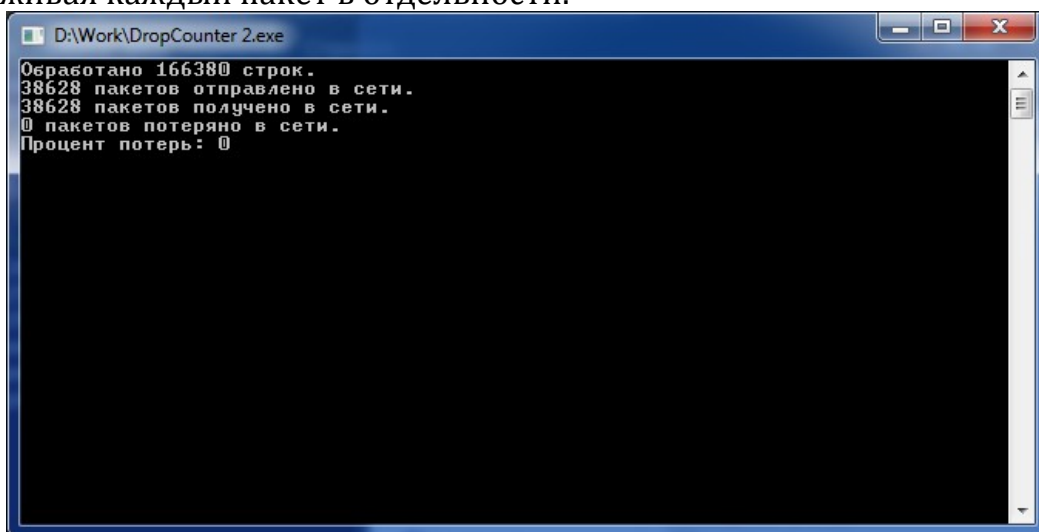


Рис. 1 – Результат работы программы подсчёта потерь (экранная копия)

Для исследования была создана имитационная модель. Структурная схема моделируемой сети показана на рис. 2. Модель имитирует работу сети примерно соответствующей мультисервисной сети одного из операторов города Волжского Волгоградской области. Сеть представляет собой топологию смешанного типа. Здесь представлена сложная звездообразная топология, а также кольцевая на уровне распределения.

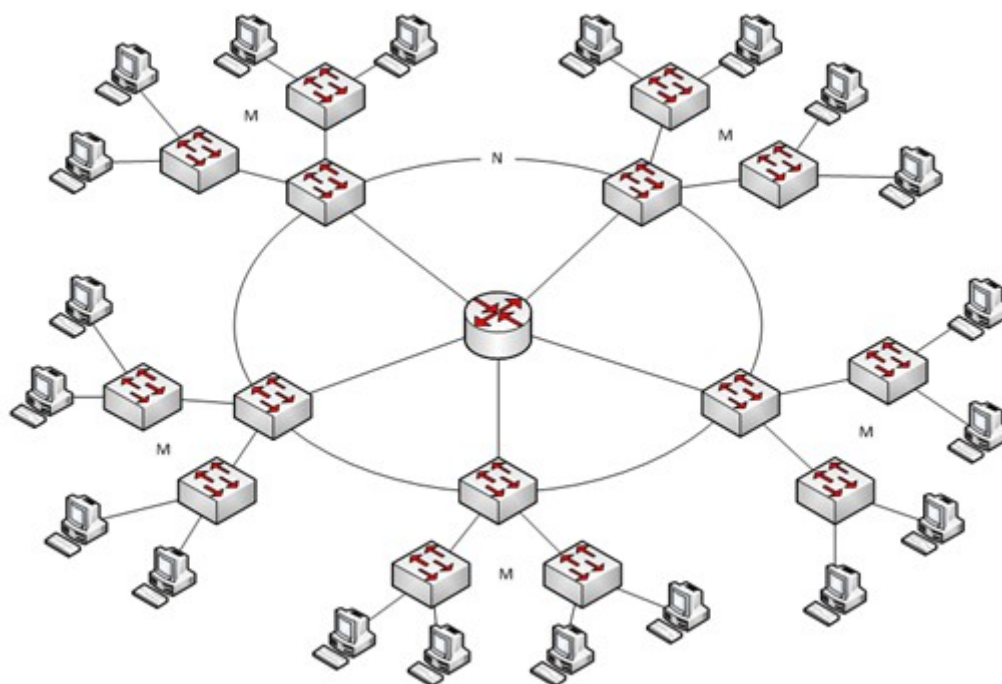


Рис. 2. Топология моделируемой сети

За основу были взяты значения характеристик, наиболее распространённые в сетях в настоящее время. В модели проводилась имитация устройств компании D-Link, ввиду массовости использования оборудования этого производителя в телекоммуникационных сетях

операторов России различного уровня.

Учитывалось также наличие самоподобия трафика в современных сетях. Было принято решение привести количество узлов к средним значениям реальной сети, имитируемой данной моделью. Таким образом, имитационная модель приобрела следующие характеристики:

- на уровне ядра:
 2. количество узлов: 1-2;
 3. нисходящая скорость: 10 Гбит/с;
 4. скорость по уровню: 40 Гбит/с;
 5. имитируемая модель: DXS-3600-32S;
- на уровне распределения:
 7. количество узлов: 20;
 8. нисходящая скорость: 1 Гбит/с;
 9. скорость по уровню: 1 Гбит/с и 10 Гбит/с;
 10. имитируемая модель: DGS-3620-xx;
- на уровне доступа:
 12. количество узлов: 400 (по 20 у каждого узла распределения);
 13. скорость: 100 Мбит/с;
 14. имитируемая модель: DES-3200-xx;
- количество хостов: 4800 (по 12 у каждого узла доступа);
- использование стека Интернет, интернет-протокола версии 6;
- использование протокола UDP для передачи данных;
- масштабируемость;
- учёт самоподобия трафика;
- использование OnOff-генератора с распределением Вейбулла.

Наиболее часто для моделирования фрактального трафика используется распределение Парето. Достоинством такого распределения является возможность определения фрактальности трафика по его параметрам. Недостатком является то, что оно имеет бесконечную дисперсию, что означает высокую изменчивость входного трафика. Это создает определенные трудности использования данного распределения при моделировании реальных процессов в телекоммуникационных системах. Наряду с распределением Парето, наиболее часто используется при моделировании фрактального трафика распределение Вейбулла, которое хорошо подходит, в частности, для моделирования процессов потери пакетов при переполнении буфера [3].

Распределение Вейбулла – это распределение с «тяжёлым хвостом», широко применяемое при моделировании сетевого трафика, с плотностью распределения вероятностей вида

$$\omega(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} e^{-\alpha x^\beta}, \quad (1)$$

и с функцией распределения

$$F(x) = 1 - e^{-\alpha x^\beta}. \quad (2)$$

Генерировать значения для трассы с плотностью распределения вероятностей Вейбулла можно так же, как для экспоненциального распределения, используя инверсию функции распределения Вейбулла [4].

Исследование потерь пакетов в сети MetroEthernet

Модель была приведена в максимально возможное соответствие сети, которую имитирует. Количество узлов в модели превысило число 5000, время построения модели и моделирования передачи данных возросло. Было принято решение оставить два значения MTU: стандартное – 1500 байт, и большое – 4500 байт. Значения объёма полезной нагрузки: 1000 байт и 4000 байт.

Таким образом, были определены следующие условия моделирования:

- полезная нагрузка равна 1000 байт, MTU – 1500 байт;
- полезная нагрузка равна 4000 байт, MTU – 1500 байт;
- полезная нагрузка равна 4000 байт, MTU – 4500 байт.

Поставленные условия рассматривают три варианта событий.

Первый вариант, когда значения полезной нагрузки и MTU типичны для нынешних сетей.

Второй вариант показывает ситуацию, при которой происходит фрагментация IP-пакета.

Третий вариант предполагает использование как пакетов, так и MTU большего размера, по сравнению со значениями в современных.

В ходе исследования был проведён ряд экспериментов при каждой условии. По каждому эксперименту был получен и обработан файл трассировки. Каждый трейс-файл несёт в себе информацию о 10 секундах модельного времени. Работа модели с меньшим количеством узлов в аниматоре NetAnim представлена на рис. 3.

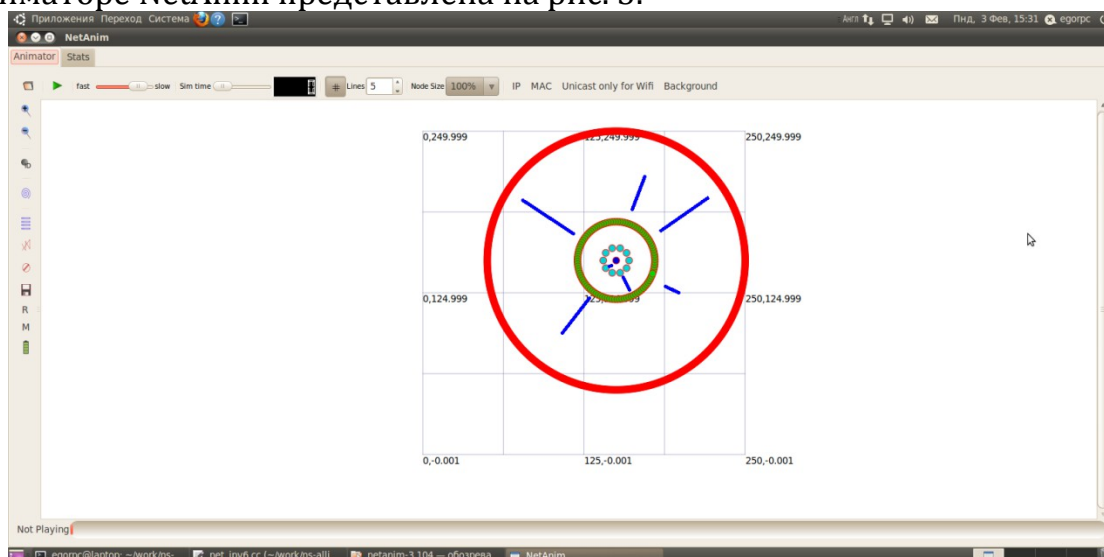


Рис. 3 – Работа модели в визуализаторе NetAnim (экранный снимок)

В первом эксперименте трафик проходил в соседний сегмент через уровень ядра в одном случае и между коммутаторами распределения в

другом. Под сегментом подразумевается часть сети находящаяся за коммутатором распределения. Результаты представлены на рис. 4.

Как видно из графика на рис. 4 и значений, представленных на нём, каналы между узлами распределения являются узким местом сети, при том, что коммутатор ядра справляется с поступающей нагрузкой. Таким образом, при отказе коммутатора ядра, сеть становится неработоспособной. Далее пропускная способность каналов уровня распределения была увеличена с 1 Гбит/с до 10 Гбит/с. Результаты показаны на рис. 5.

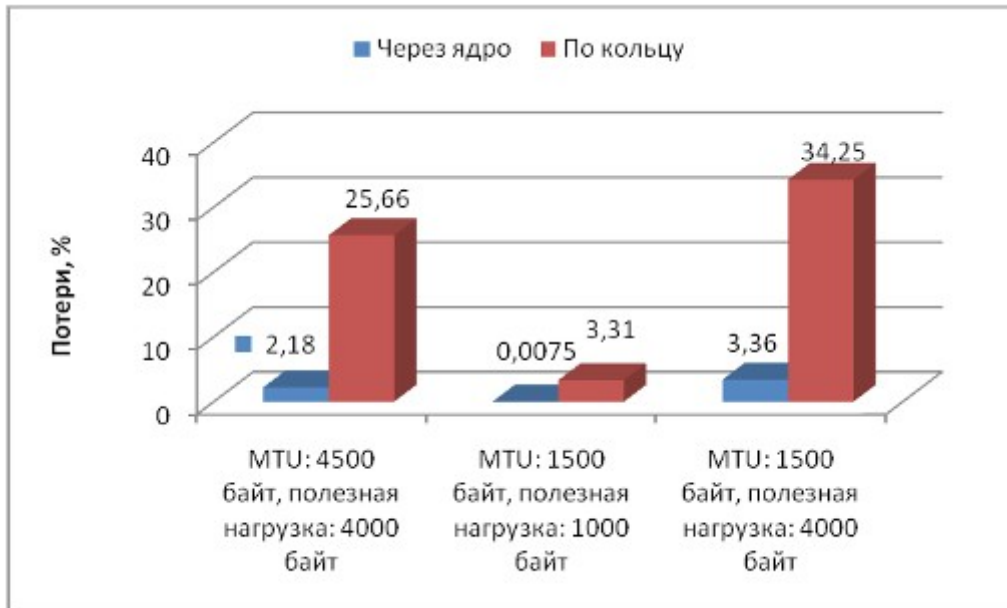


Рис. 4 – Потери при разных путях движения трафика

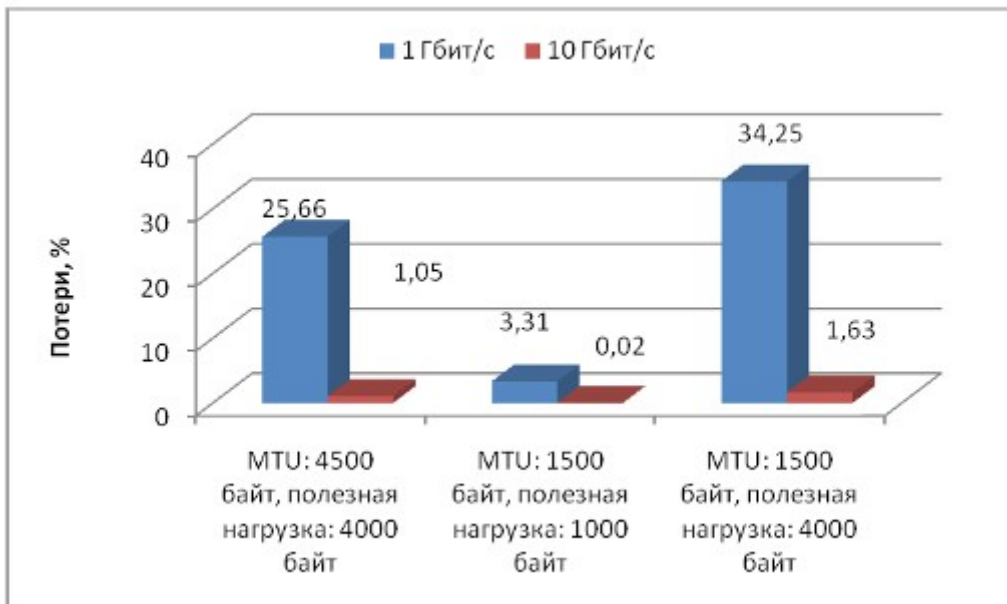


Рис. 5 – Потери при разной пропускной способности кольца распределения

Из графика видно, что пропускной способности достаточно, чтобы

компенсировать сравнительно небольшой буфер пакетов, и без критических потерь передать трафик.

Для предотвращения возможного отказа ядра, о котором было упомянуто выше, а также для разгрузки коммутатора ядра, в модель был добавлен ещё один узел с теми же характеристиками, что и первый узел уровня ядра. Между собой два коммутатора объединялись каналами с пропускной способностью 40 Гбит/с, и имели маршруты в каждый сегмент сети через подключённые к ним коммутаторы распределения. В свою очередь, коммутаторы распределения имели маршрут по умолчанию только к одному из коммутаторов ядра, тем самым распределяя нагрузку пополам. Данные, полученные в результате эксперимента, представлены на рис. 6.

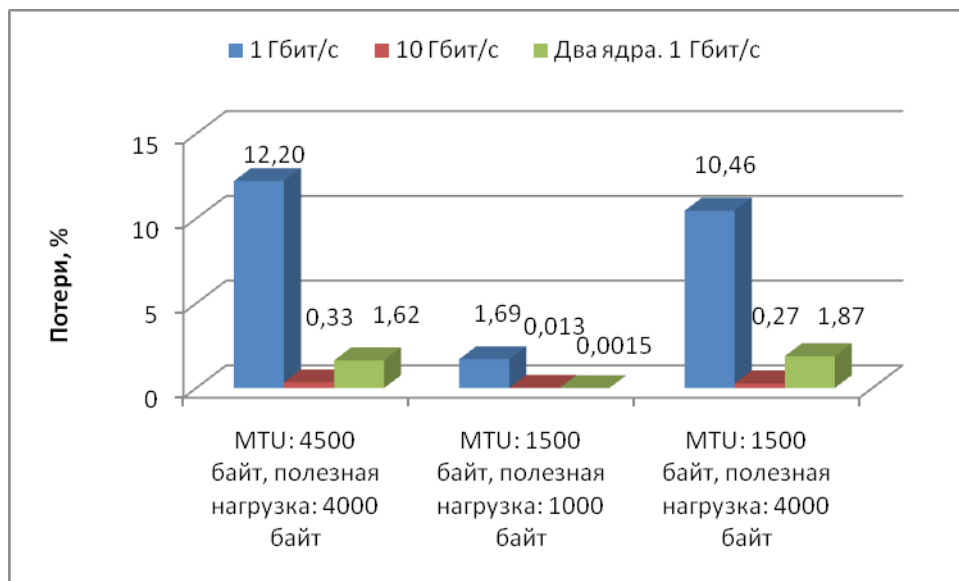


Рис. 6 – Потери при разных вариантах топологии ядра сети

Каждый узел в этом эксперименте генерировал трафик в двух направлениях: в соседний сегмент и в сегмент противоположный по кольцу распределения. Таким образом, проверялись как коммутатор ядра, так и коммутаторы распределения и каналы между ними. В случае пропускной способности канала кольца распределения в 1 Гбит/с потери, как и ожидалось, оставляют желать лучшего. Хороший результат показывает случай с каналом 10 Гбит/с. Интерес представляет случай, где используются два коммутатора уровня ядра, распределяя между собой нагрузку. Даже при том, что пропускная способность каналов кольца распределения составляла 1 Гбит/с, сеть справлялась с передачей проходящего через неё трафика с допустимыми потерями.

Следует вернуться к трём условиям моделирования, о которых говорилось выше. Как видно из графиков, в основном, наименьшие потери имел случай с MTU равным 1500 байт и полезной нагрузкой равной 1000 байт, а наибольшие – случай с MTU равным 1500 байт и полезной нагрузкой равной 4000 байт. Это объясняется тем, что современное оборудование хорошо адаптировано для передачи трафика с MTU до 1500 байт. Несмотря

на то, что оборудование поддерживает передачу пакетов большой длины, объём буфера пакетов недостаточно велик, чтобы вмещать необходимое количество продвигаемых пакетов. А наибольшие потери имеет случай, где происходит фрагментация, благодаря которой устройства тратят больше времени на обработку пакетов. Этот случай сегодня редок, так как фрагментация, как правило, происходит на транспортном уровне, и разбивать пакет в правильно настроенной сети на сетевом уровне нет необходимости.

Также была промоделирована ситуация, при которой трафик передавался «напротив» только по уровню распределения. Это может быть в том случае, если уровня ядра в сети нет, или, например, оно вышло из строя, и трафик начал передаваться по кольцу. Результаты данного эксперимента представлены на рис. 7.

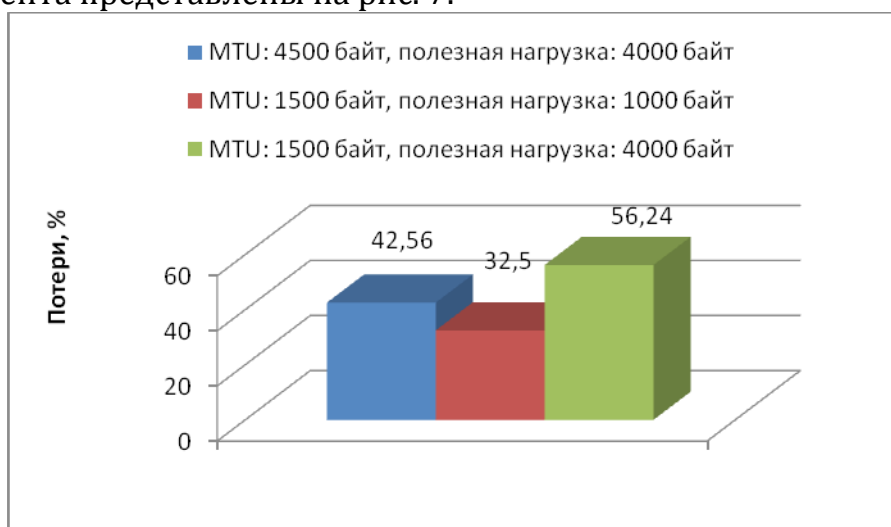


Рис. 7 – Потери пакетов при передаче по «кольцу»

Выводы

Переход на IPv6 неизбежен и провайдерам доступа придётся модернизировать сеть под новый протокол. Также вероятно, что в скором будущем операторы смогут увеличить размер MTU для использования пакетов большой длины и тем самым сократить время на обработку заголовков сетевыми устройствами, тем более что функционал современного оборудования позволяет это сделать.

Подводя итог, на основании результатов данной работы можно сформулировать следующие практические рекомендации операторам:

1. Увеличение пропускной способности каналов распределения для ускорения продвижения «горизонтального» трафика;
2. Использование нескольких коммутаторов или маршрутизаторов на уровне ядра для распределения нагрузки, поступающей на этот уровень, и для повышения отказоустойчивости сети;
3. Увеличение пропускной способности каналов уровня ядра для перемещения больших объёмов трафика с необходимым качеством обслуживания;

4. Использование оборудования с возможно большим размером буфера пакетов;
5. Использование пакетов большой длины. Современное оборудование позволяет передавать пакеты большой длины, а растущий с каждым днём объём трафика делает целесообразным использования этого функционала.

Построенная имитационная модель масштабируема и позволяет проводить исследование телекоммуникационных сетей различного уровня и архитектуры.

Ввиду тенденции резкого роста доли мобильных приложений как источников трафика современных телекоммуникационных сетей, дальнейшим направлением работы является введение в модель функционала поддержки мобильных устройств, определения методики и исследования параметров телекоммуникационных сетей при различных режимах их эксплуатации на основе протокола IPv6.

Литература

1. Дериев И. IPv6, не дожидаясь провайдера. 28.07.2011. URL: <http://www.ixbt.com/soft/ipv6.shtml>;
2. Построение широкополосной телекоммуникационной сети пакетной коммутации с интеграцией услуг с учётом свойств сетевого трафика [Текст]: учеб. Пособие / П.В. Ромасевич; Гос. образоват. учреждение высш. проф. Образования «Волгогр. гос. ун-т», Каф.телекоммуникац. систем. – Волгоград :Изд-во ВолГУ, 2009. – 92 с.
3. Ю.И.Лосев, К.М.Руккас. Анализ моделей вероятности потери пакетов в буфере маршрутизатора с учетом фрактальности трафика // Вісник Харківського національного університету, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління» – 2008, №833, с.163-169.
4. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. Монография. / Под ред. О.И. Шелухина. – М.:Радиотехника, 2003. – 480 с.

**СЕКЦИЯ 6. НАУЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В
ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ**

Васильев А.Н.¹, Тархов Д.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика»,
a.n.vasilyev@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика»,
dtarkhov@gmail.com

Параметрические нейросетевые модели построения регуляризации решения задачи идентификации в экологии*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Экологическое прогнозирование, загрязняющее вещество, начально-краевая задача, уравнение диффузии, идентификация, нейросетевое моделирование, искусственная нейронная сеть (ИНС), настройка ИНС, глобальная оптимизация.

АННОТАЦИЯ

Возникающая при экологическом прогнозировании задача идентификации допускает приближённую регуляризацию решения в виде выходов системы искусственных нейронных сетей (ИНС). Рассматривается как случай задания параметров их средними значениями, так и их интервальное задание. Простой пример нейрокомпьютинга поясняет нейросетевой подход.

Рассматривается задача идентификации, возникающая при экологическом прогнозировании, основой которого служит уравнение диффузии в движущейся среде: пусть концентрация загрязняющего вещества $\Phi = \Phi(x, y, t)$ в области $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ в момент времени $t \in (0, T)$ удовлетворяет следующей начально-краевой задаче [1,2]:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + u \frac{\partial \Phi}{\partial x} + v \frac{\partial \Phi}{\partial y} - \sigma \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} \right) + \tau \Phi = P,$$

$$\Phi(x, y, 0) = \Phi_0, \Phi(x, y, 0) = \Phi_1, (x, y) \in \partial \Omega,$$

здесь функция $P = P(x, y, t)$ характеризует мощность источников загрязнения

$$P(x, y, t) = \sum_{s=1}^k p_s(t) \delta_s(x, y; x_s, y_s),$$

$p_s(t)$ – мощность s -го источника загрязнения, распределённого в окрестности (x_s, y_s) с плотностью $\delta_s(x, y; x_s, y_s)$, u, v – компоненты вектора

* Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (грант №14-01-00733).

скорости, σ – коэффициент турбулентной диффузии, $\tau > 0$ – параметр, определяющий интенсивность поглощения загрязняющего вещества вследствие его уноса, осаждения, химических реакций и др.

Отметим, что заменой

$$\Phi(x, y, t) = \exp(Ax + By + Ct)U(x, y, t), \quad P(x, y, t) = \exp(Ax + By + Ct)Q(x, y, t),$$

где $A = u/2\sigma$, $B = v/2\sigma$, $C = -\tau - (u^2 + v^2)/4\sigma$, дифференциальное уравнение может быть преобразовано в уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial U}{\partial t} - \sigma \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) = Q$$

с соответствующими начально-краевыми условиями на функцию U :

$$U(x, y, 0) = U_0, \quad U(x, y, 0) = U_0, \quad U(x, y, t) = U_1, \quad (x, y) \in \partial\Omega.$$

Далее будет рассматриваться преобразованная задача. Нахождение приближённого решения этой задачи рассматривалось в работах авторов [3-5].

Предположим, что вместо мощности источников загрязнения $Q(x, y, t)$, указываемой в постановке прямой задачи, известны данные экспериментальных наблюдений $U(x_j, y_j, t_j) = \varphi_j$, $j = 1, \dots, m$, получаемые с некоторого набора датчиков. Задача идентификации состоит в восстановлении функции Q . (Заметим, что при указанном подходе находится и приближённое решение задачи – функция U .) Другой вариант постановки задачи идентификации – восстановление начальных условий – рассматривался в публикации [5].

Предлагаемый нами подход [3-6] позволяет объединить разнородную информацию о системе в нейросетевой модели, использовать регуляризующие свойства нейронных сетей при решении обратных и некорректно поставленных задач. К таким задачам, в частности, относятся и задачи идентификации – определения Q по данным наблюдений, которые к тому же заданы не точно, а определены своими значениями из некоторых интервалов; коэффициенты уравнения, также могут быть заданы неточно: например, $\sigma \in (\sigma^-, \sigma^+)$. Требуется лишь незначительная модификация методов, изложенных в статьях и книге авторов [6].

Этот вариант нейросетевого подхода к решению задачи состоит в поиске приближённого решения задачи идентификации (его регуляризации) в виде выходов системы из двух искусственных нейронных сетей заданной архитектуры

$$U(x, y, t; \sigma) = \sum_{i=1}^{N_1} c_i g_i(x, y, t; \sigma, a_i), \quad Q(x, y, t) = \sum_{i=1}^{N_2} d_i h_i(x, y, t; b_i),$$

веса которых – линейно входящие параметры c_i , d_i и нелинейно входящие параметры a_i , b_i – определяются в процессе поэтапного обучения сети на

основе минимизации функционала ошибки вида

$$J = \sum_{j=1}^M \left| \frac{\partial U}{\partial t} - \sigma \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - Q \right|^2 (x_j, y_j, t_j, \sigma_j) +$$

$$+ \lambda_0 \sum_{j=1}^{M_0} |U - U_0|^2 (x_j, y_j, 0, \sigma_j) + \lambda_1 \sum_{j=1}^{M_1} |U - U_1|^2 (x_j, y_j, t_j, \sigma_j) + \lambda \sum_{j=1}^m |U(x_j, y_j, t_j, \sigma_j) - \varphi_j|^2$$

Здесь $\{(x_j, y_j, t_j, \sigma_j)\}_{j=1}^M$ – периодически регенерируемые пробные точки в области $\Omega \times (\sigma^-; \sigma^+)$, $\{(x_j, y_j, t_j, \sigma_j)\}_{j=1}^{M_1}$ – пробные точки на $\Gamma \times (\sigma^-; \sigma^+)$; $\lambda_k > 0$ – штрафные параметры.

Нейронные сети, задающие приближённое решение задачи в этом случае, могут включать однотипные нейроэлементы, порождённые одной и той же активационной функцией, но могут иметь и более сложную гетерогенную структуру – см. [5,6].

В качестве примера приведём расчёты для стационарного решения в одномерном случае. Для проверки работы алгоритма рассматривается модельное решение вида

$$U = \begin{cases} cx, & x \in (0; x_0 - \delta], \\ \frac{C-c}{4\delta} (x-x_0)^2 + \frac{C+c}{2} x - \frac{C-c}{2} (x_0 - \frac{\delta}{2}), & x \in (x_0 - \delta; x_0 + \delta], \\ Cx - (C-c)x_0, & x \in (x_0 - \delta; \omega) \end{cases}$$

с правой частью

$$Q = \begin{cases} 0, & x \in (0; x_0 - \delta], \\ -\sigma \frac{C-c}{2\delta}, & x \in (x_0 - \delta; x_0 + \delta], \\ 0, & x \in (x_0 - \delta; \omega). \end{cases}$$

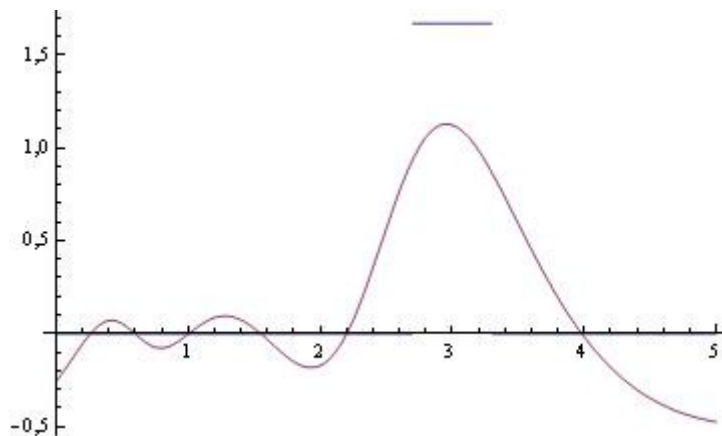


Рис.1. Восстановление источника Q по 100 измерениям перцептроном с 30 нейронами в одном скрытом слое

Из графика на Рис.1 видно, что положение и мощность источника Q

восстанавливаются достаточно точно, хотя его форма определяется с ошибкой. Качество решения можно улучшить, применяя кусочные ИНС и эволюционные алгоритмы, сочетающие настройку параметров сети с подбором её структуры.

Литература

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – Москва: Наука, 1982 – 320 с.
2. Мартинсон Л.К., Малов Ю.И. Дифференциальные уравнения математической физики. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. – 368 с.
3. Васильев А.Н., Идрисова Д.И., Романова А.Г., Тархов Д.А. Применение параметрических нейросетевых моделей к построению системы мониторинга загрязнений атмосферы промышленными выбросами и условий труда в строительстве. Материалы IX Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2012), 25-31 мая 2012 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012.
4. Тархов Д.А., Васильев А.Н., Идрисова Д.И. Нейросетевое моделирование системы мониторинга загрязнений атмосферы и обеспечения безопасных условий труда в строительстве// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – №2-1. – С.266-271.
5. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Параметрические нейросетевые модели для уравнения теплопроводности. Классическая и неклассическая задачи. Материалы IX Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ'2012), 25-31 мая 2012 г., Алушта. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012.
6. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.

Васильев А.Н.¹, Тархов Д.А.², Шемякина Т.А.³

¹ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика»,
a.n.vasilyev@gmail.com

² Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика»,
dtarkhov@gmail.com

³ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Высшая математика»,
sh_tat@mail.ru

Гибридный метод построения параметрической нейросетевой модели катализатора

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Тепломассообмен, гранула катализатора, система дифференциальных уравнений, нейросетевое моделирование, искусственная нейронная сеть (ИНС), настройка ИНС, глобальная оптимизация, гибридный метод.

АННОТАЦИЯ:

Обсуждаются методы построения нейросетевой модели процессов теплообмена в плоской грануле пористого катализатора. Приближённое решение задачи ищется в виде выхода искусственной нейронной сети, параметры которой настраиваются на основе глобальной оптимизации. Используются гибридные методы, состоящие в применении при обучении нейронной сети результатов численных расчётов. Анализируются результаты нейрокомпьютинга.

ВВЕДЕНИЕ. Моделирование химических и физических реакций, экологических и биологических процессов и т. д. (см.[1-3]) приводит к решению граничных задач для нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 y}{dx^2} + \phi(x, y) \frac{dy}{dx} &= f(x, y), \quad x \in (x_0; x_1); \\ a_0 y(x_0) + b_0 \frac{dy}{dx}(x_0) &= c_0, \quad a_1 y(x_1) + b_1 \frac{dy}{dx}(x_1) = c_1. \end{aligned} \quad (1)$$

или для нелинейных дифференциальных уравнений с частными производными:

$$\frac{\partial y_i}{\partial t}(\mathbf{x}, t) = \operatorname{div}(\sum_{j=1}^n q_{ij}(\mathbf{x}, t) \operatorname{grad}(y_j(\mathbf{x}, t))) + f_i(\mathbf{x}, t, y_1, \dots, y_n), \quad (\mathbf{x}, t) \in \Omega \times [T_0, T];$$

$$a_i(\mathbf{x}, t)y_i(\mathbf{x}, t) + b_i(\mathbf{x}, t) \frac{\partial y_i}{\partial n}(\mathbf{x}, t) = c_i(t), \quad \mathbf{x} \in \Gamma = \partial\Omega;$$

$$y_i(\mathbf{x}, T_0) = d_i(\mathbf{x}), \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

На практике коэффициенты и параметры, входящие в уравнения или в дополнительные условия (граничные или начальные), задаются неточно: изменяются на некотором интервале. Точные решения задач (1) или (2) в общем случае, за редким исключением, найти невозможно. Для построения приближённых решений подобных задач применяются численные методы, например, разработанный авторами [4-7] нейросетевой подход к построению устойчивых приближённых моделей сложных систем. В данной работе рассматривается частный случай задачи (1) – модель процессов теплопереноса в грануле пористого катализатора. Для наглядности изложения метода рассмотрим упрощённые математические модели из [1,2,8].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. Ряд математических задач химической кинетики описывают процессы, происходящие в каталитических реакторах. В сосуде или трубе расположены одинакового размера частицы некоторого вещества – катализатора. Через эти частицы прогоняют реакционную смесь – газ или жидкость. При взаимодействии с катализатором происходят химические реакции, перенос реакционной смеси и продуктов реакции, выделение или потребление тепла, движение жидкости или газа. Рассмотрим взятые из работ [1,2] дифференциальные уравнения, описывающие химические процессы типа «реакция-диффузия». Такие математические модели описывают перенос и превращение реагирующих компонентов в одномерных системах сплошной среды (иногда можно сделать обобщение на многомерные системы). В частности, математическая модель такого типа применяется для описания реакций и процессов переноса (тепла, массы и т.д.) внутри частицы пористого катализатора. Процессы тепло- и массообмена внутри пористой частицы и на её поверхности часто существенно влияют на результирующую скорость реакции. Поэтому анализ указанных процессов имеет большое практическое значение. Математические модели, описывающие взаимодействие процессов тепло- и массообмена с реакцией на пористом катализаторе, обычно рассматриваются для частиц трёх геометрических форм: бесконечная пластина или одна пора, проходящая через частицу – $a=0$, бесконечный цилиндр – $a=1$ и шар – $a=2$ (параметр a относится к выписанным ниже уравнениям баланса).

Рассмотрим каталитический процесс в реакторе.

В безразмерных переменных [2] уравнения баланса при стационарном процессе записываются в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{a}{x} \frac{dy}{dx} = \Phi^2 y \exp\left[\frac{\theta}{1 + \theta/\gamma}\right], \\ \frac{d^2 \theta}{dx^2} + \frac{a}{x} \frac{d\theta}{dx} = -\gamma\beta\Phi^2 y \exp\left[\frac{\theta}{1 + \theta/\gamma}\right]; \end{cases}$$

с условиями:

$$\frac{dy}{dx}(0) = 0; \quad \frac{d\theta}{dx}(0) = 0;$$

$$a_0 y(1) + b_0 \frac{dy}{dx}(1) = c_0; \quad a_1 \theta(1) + b_1 \frac{d\theta}{dx}(1) = c_1;$$

где $a_0, a_1, b_0, b_1, c_0, c_1$ – известные константы,

y – относительное изменение концентрации – конверсия,

x – относительное изменение длины – безразмерная координата,

θ – относительное изменение температуры – безразмерная температура,

$$\Phi = R \sqrt{\frac{K_\infty}{D_e}} - \text{параметр,}$$

R – универсальная газовая постоянная,

D_e – эффективный коэффициент диффузии,

γ – безразмерная энергия активации,

β – безразмерный коэффициент теплопередачи.

Для приведённой выше системы уравнений выбор начальных и граничных условий для неизвестных функций зависит от конкретной физической задачи:

- условия Дирихле задаются, если известны значения концентрации и температуры на границе рассматриваемой области $y(0) = y_0, y(1) = y_1, \theta(0) = \theta_0, \theta(1) = \theta_1$.
- условия Неймана задаются, если известны значения непроницаемости границ области для концентрации и температуры:

$$\frac{dy}{dx}(0) = a_0; \quad \frac{dy}{dx}(1) = a_1; \quad \frac{d\theta}{dx}(0) = b_0; \quad \frac{d\theta}{dx}(1) = b_1;$$

- граничные условия третьего типа описывают частичную проницаемость границ для концентрации и температуры:

$$a_{01} y(0) + b_{01} \frac{dy}{dx}(0) = c_{01}; \quad a_{11} y(1) + b_{11} \frac{dy}{dx}(1) = c_{11};$$

$$a_{02} \theta(0) + b_{02} \frac{d\theta}{dx}(0) = c_{02}; \quad a_{12} \theta(1) + b_{12} \frac{d\theta}{dx}(1) = c_{12}.$$

В случае установившегося состояния находится соотношение между безразмерными величинами концентрации и температуры внутри частицы: $\theta = \gamma \beta (1 - y)$ [2]. При этом считаем, что интенсивность тепло- и массообмена на внешней поверхности частицы оказывается высокой. Тогда приведённые выше уравнения баланса тепла и массы в плоской грануле

пористого катализатора при каталитической реакции можно записать в следующем виде (здесь):

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \alpha(1+y) \exp\left[-\frac{\gamma\beta y}{1-\beta y}\right]; \quad \frac{dy}{dx}(0) = 0; \quad y(1) = 0. \quad (3)$$

ОПИСАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА. Авторы применяли нейросетевой подход [5,6], при котором один или все три параметра являются входами нейронной сети, к построению устойчивых параметрических решений данной задачи в случае интервально заданных параметров.

Приближённое решение для одного параметра строится в виде искусственной нейронной сети

$$y(x, \alpha) = \sum_{i=1}^N c_i v_i(x, \alpha, \mathbf{a}_i).$$

В случае трёх параметров ищется нейросетевое решение

$$y(x, \alpha) = \sum_{i=1}^N c_i v_i(x, \alpha, \beta, \gamma, \mathbf{a}_i).$$

В качестве базисных нейроэлементов используются функции вида:

$$v(x, \alpha, a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, a_{4i}) = \exp\{-a_{1i}(x-a_{2i})^2\} \operatorname{th}\{-a_{3i}(\alpha-a_{4i})\}, \quad i = 1, \dots, N,$$

здесь $\mathbf{a}_i = (a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, a_{4i})$, или соответственно функции вида:

$$\exp[-a_{1i}(x-a_{2i})^2] \operatorname{th}[-a_{3i}(\alpha-a_{4i})^2] \operatorname{th}[-a_{5i}(\beta-a_{6i})^2] \operatorname{th}[-a_{7i}(\gamma-a_{8i})^2], \quad i = 1, \dots, N.$$

Весы нейронной сети – это линейно входящие параметры и нелинейно входящие параметры a_i . Они определяются в процессе обучения сети на основе минимизации функционала ошибки, включающего в себя невязки в удовлетворении уравнения и граничных условий:

$$J(y) = \sum_{j=1}^M \left\{ \left[\frac{d^2y}{dx^2} - \alpha_j(1+y) \exp\left[-\frac{\gamma\beta y}{1-\beta y}\right] \right] (x_j, \alpha_j) \right\}^2 + \delta \sum_{j=1}^M [y'(0, \alpha_j)^2 + y(1, \alpha_j)^2].$$

Функционал вычисляется в наборе пробных точек (x_j, α_j) , $(0, \alpha_j)$, $(1, \alpha_j)$, $j=1, \dots, M$, таким образом, рассматривается минимизация набора функционалов.

При глобальной минимизации имеется опасность попадания в точки локального экстремума. Процесс регенерации семейств пробных точек после определённого числа шагов процесса минимизации позволяет избежать такого «зависания» и способствует устойчивости вычислительного процесса.

В этой публикации авторы возвращаются к исследованию проблемы, ограничиваясь интервальным заданием одного параметра, но существенно расширяя интервал его изменения $(\alpha^-; \alpha^+)$.

Было проведено три серии вычислительных экспериментов. В *первой серии* применялся вышеприведённый подход без изменений. Недостатками такого подхода являются большая ресурсоёмкость процесса обучения нейронной сети и существенное возрастание ошибок при расширении

интервала изменения параметра.

Во второй и третьей серии для преодоления этих недостатков применялся *гибридный* метод, при котором использовались численные поточечные решения задачи при граничных значениях параметра α . Для этого в функционал ошибки добавляется невязка численного решения y_k и выхода нейронной сети в соответствующих точках x_k' , $k=1, \dots, m$:

$$J(y) = \sum_{j=1}^M \left\{ \left| \frac{d^2 y}{dx^2} - \alpha_j (1+y) \exp\left[-\frac{\gamma \beta y}{1-\beta y}\right] \right| (x_j, \alpha_j) \right\}^2 + \delta \sum_{j=1}^M [y'(0, \alpha_j)^2 + y(1, \alpha_j)^2] + \delta' \sum_{k=1}^m [y(x_k') - y_k]^2.$$

Численные эксперименты показали существенное ускорение процесса обучения нейронной сети и более высокую точность решения по сравнению с численным решением и нейронной сетью без использования численного решения.

Во *второй серии* численных экспериментов весовой множитель δ' при слагаемом, соответствующем разности между выходом сети и упомянутым выше поточечным решением не менялся в процессе обучения. Использование приближённого решения позволило гораздо лучше обучить нейронную сеть при малых значениях параметра. Особо следует отметить, что при $\alpha=0.01$ ошибка, которую даёт нейронная сеть, меньше ошибки используемых дополнительных данных.

В *третьей серии* экспериментов уменьшался вес δ' (умножался на 0.95 при каждой регенерации пробных точек). Результат получился заметно лучше, чем при предыдущем подходе (при постоянном весовом множителе). Данное обстоятельство объясняется тем фактом, что на начальном этапе обучения нейронной сети её ошибка существенно выше, чем у используемого поточечного приближения, которое позволяет ускорить обучение нейронной сети. На этапе, когда нейронная сеть даёт ошибку, сравнимую с ошибкой поточечного приближения, использование последнего становится нецелесообразным, и его влияние на процесс обучения уменьшается указанной выше регулировкой веса при соответствующем слагаемом в функционале ошибки.

Заметим, что обученную таким образом нейронную сеть можно использовать для определения параметров по данным измерений, проводя минимизацию по этим параметрам невязки между данными измерений и выходом нейронной сети.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ. Обучение нейронной сети проводилось на основе минимизации функционала ошибки методом RProp с регенерацией пробных точек (x_j, α_j) , $j=1, \dots, M$ ($M=100$) через каждые 5 шагов работы алгоритма; делается 200 таких регенераций. Использовались сети из N нейроэлементов: N выбиралось равным 10, 30 и 100.

Первая серия

Приведём характерные срезы графиков решений в интервале изменения параметра $\alpha \in (0; 0.25)$ – нейросетевого решения и M9-решения, найденного в пакете «Mathematica 9».

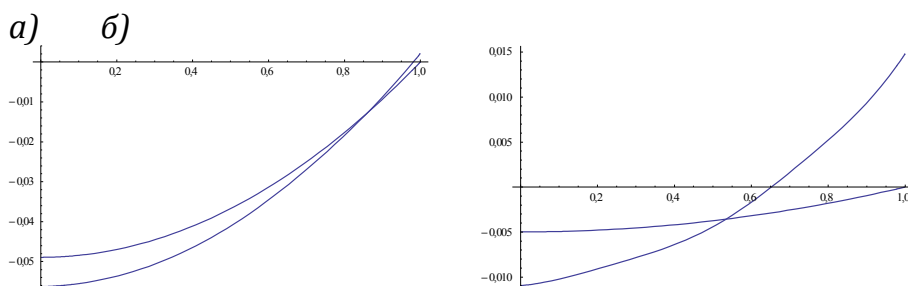


Рис.1. Сравнение решений: первая серия, $N=10$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Дальнейшее обучение нейронной сети не приводит к существенному уменьшению ошибки.

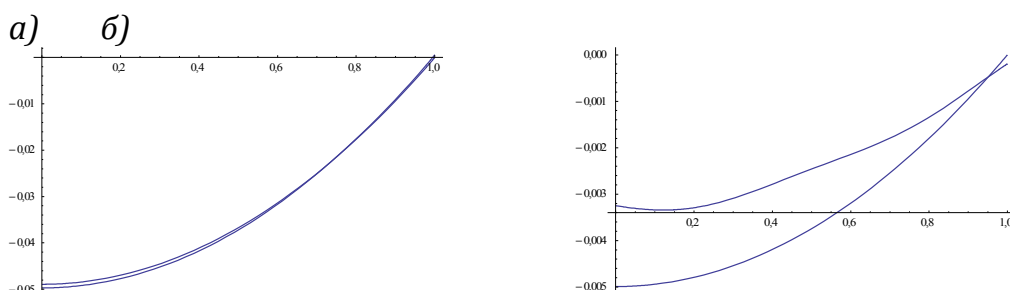


Рис.2. Сравнение решений: первая серия, $N=30$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Для данной нейронной сети хорошая точность решения при $\alpha=0.1$ сопровождается недостаточной точностью для $\alpha=0.01$.

Для сети из 100 элементов заданное число итераций недостаточно для обучения – ошибка больше чем для сети из 30 элементов:

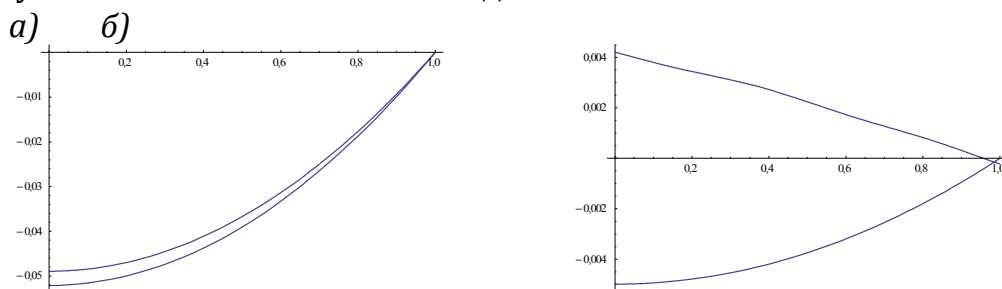


Рис.3. Сравнение решений: первая серия, $N=100$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Хотя абсолютная ошибка достаточно мала, характер решения при малых значениях параметра α (например, при $\alpha=0.01$) отражается нейросетевой моделью недостаточно точно.

Дальнейшее обучение приводит к существенному улучшению результатов, но только при многократном увеличении временных затрат.

Вторая серия

Для получения более качественного нейросетевого приближения используем гибридный метод. Для этого строим на равномерной одномерной сетке приближённое поточечное решение при $\alpha=0.01$, расхождение с которым будем включать в виде слагаемого со штрафным (весовым) множителем в функционал ошибки, рассматривая эти поточечные значения как дополнительные поступившие данные для решения.

Так же, как и в предыдущем случае, приведём срезы нейросетевого решения и $M9$ -решения для тех же значений параметра α . На рисунках б) при $\alpha=0.01$ – добавлен график используемого поточечного приближения.

Для сети из 10 элементов данный подход приводит к незначительному улучшению результатов:

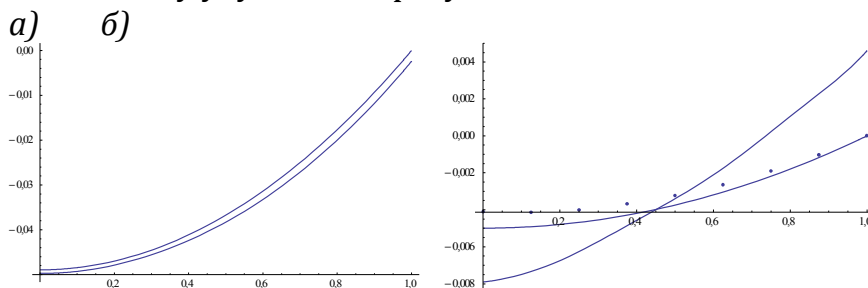


Рис.4. Сравнение решений: вторая серия, $N=10$
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Для сети из 30 элементов улучшение гораздо заметнее:

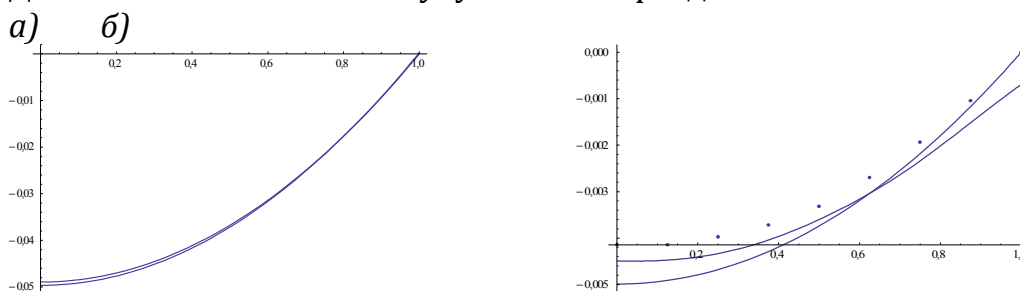


Рис.5. Сравнение решений: вторая серия, $N=30$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Для сети из 100 элементов ещё более заметное улучшение, но при результат не лучше, чем для сети из 30 элементов:

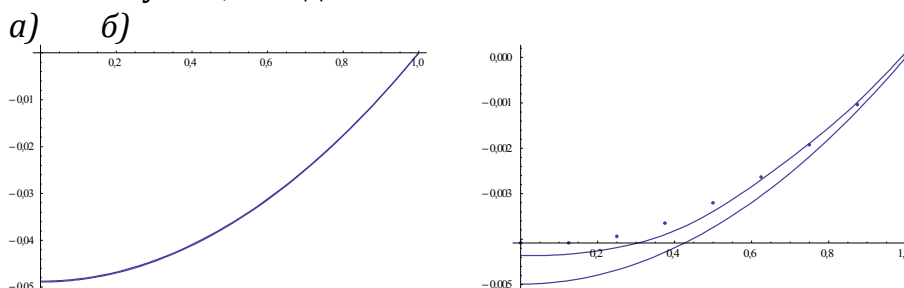


Рис.6. Сравнение решений: вторая серия, $N=100$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Видно, что использование приближённого решения позволило

гораздо лучше обучить нейронную сеть при малых значениях параметра, сохранив точность приближения при . При остальных нейронная сеть даёт приближение аналогичного качества.

Третья серия

Для дальнейшего улучшения решения будем уменьшать δ' – вес слагаемого в функционале ошибки, которое отвечает за рассогласование нейросетевой модели и дискретного приближения, умножая этот вес на $\gamma=0.95$ при каждой регенерации пробных точек.

Приводим соответствующие срезы решений.

Для сети из 10 нейронов данный подход существенного выигрыша не дал.

Аналогичные численные эксперименты проводились для сети из 30 и 100 нейроэлементов.

Для сети из 30 элементов подход дал заметное уточнение при $\alpha=0.1$, но не при :

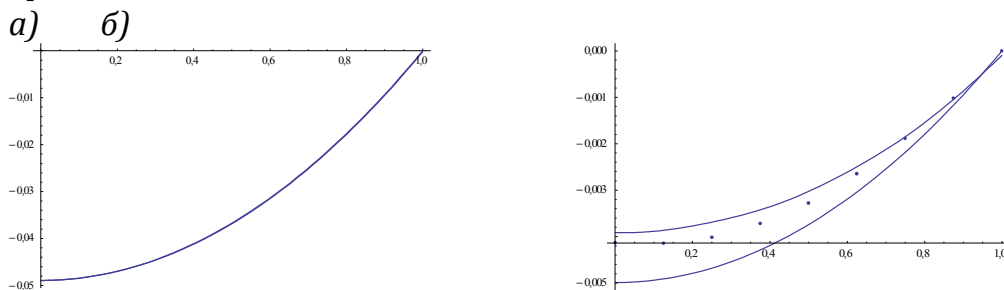


Рис.7. Сравнение решений: третья серия, $N=30$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Для сети из 100 элементов указанный гибридный алгоритм позволяет получить нейросетевое приближение, которое существенно лучше не только нейросетевого приближения, построенного без привлечения дополнительной информации, но и используемого поточечного приближения:

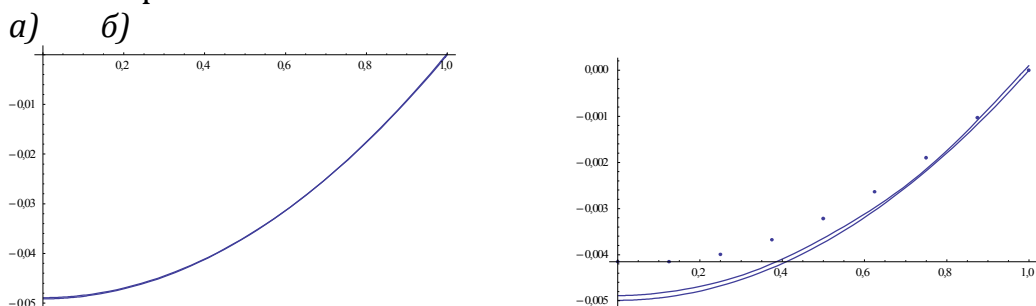


Рис.8. Сравнение решений: третья серия, $N=100$,
а) $\alpha=0.1$, б) $\alpha=0.01$

Такой результат показывает, что 100 нейронов достаточно для усвоения всей используемой при обучении информации – уравнения, граничных условий и поточечного приближения.

Следует ещё раз подчеркнуть, что подобные методы построения нейросетевых моделей сложных систем с использованием в качестве

данных информации от приближений (даже не очень точных), полученных на основе традиционных численных методов, существенно улучшают само нейросетевое решение. Эти подходы, например, могут быть применены к уравнениям параболического типа (уравнение диффузии), участвующим в описании влияния автотранспортной системы на окружающую среду, в случае как классических, так и неклассических (обычно некорректных) постановок задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты позволяют высказать предположение, что такого рода гибридные алгоритмы могут оказаться эффективными для достаточно представительного класса задач построения приближённых решений обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных.

Работа поддержана грантами РФФИ №14-01-00660А и 14-01-00733А.

Литература

1. Kubicek M., Hlavacek V. Solution of nonlinear boundary value problems -VIII. evaluation of branching points based on shooting method and GMP technique// Chem. Eng. Sci. – 1974. – V. 29. – pp.1695-1699.
2. Холодниок М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных динамических моделей. – М.: Мир, 1991. – 368 с.
3. И.Л. Хабибуллин, А.Т. Хамитов, Ф.Ф. Назмутдинов, “Моделирование процессов тепло- и массообмена в пористых средах при фазовых превращениях, инициируемых микроволновым нагревом”, *ТВТ*, **52**:5 (2014), 727–733.
4. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. –СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
5. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Перенос тепла и массы в пористом катализаторе// Материалы VI Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях – NPNJ-2006, СПб. – М.: Вузовская книга, 2006. – С.159-160.
6. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое решение задачи о пористом катализаторе // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2008. – №6 (67). – С.110-113.
7. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2014. – 348 с.
8. Francisco J. Valdes-Parada , Mauricio Sales-Cruz , J. Alberto Ochoa-Tapia , Jose Alvarez-Ramirez On Green’s function methods to solve nonlinear reaction–diffusion systems// Computers and Chemical Engineering. – 32 (2008). – pp.503–511.

Васильев А.Н.¹, Осипов В.П.²

¹ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
г. Санкт-Петербург, д.т.н., профессор кафедры «Высшая математика»,
a.n.vasilyev@gmail.com

² Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН, г. Москва,
ведущий научный сотрудник, osipov@keldysh.ru

Традиционное и нейросетевое моделирование Больших Транспортных Систем

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Большая транспортная система (БТС), мультимодальные транспортные потоки, принцип равновесия, декомпозиция, диакоптика, нейросетевое моделирование, сложные сети.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается построение информационных моделей больших транспортных систем на макро- и мезо-уровнях. Рассматриваются традиционные и нейросетевые модели. Отмечаются преимущества нейросетевого подхода при решении проблем, возникающих при моделировании: возможность решения серии задач и построение иерархии моделей, распараллеливание, регуляризация некорректно поставленных задач, анализ и учет разнородных данных.

Моделирование больших транспортных систем (БТС) мегаполисов столкнулось с масштабным фактором (фактор большого размера) [1], который определяет сложность задачи и, соответственно, вычислительные проблемы. Преодоление указанных трудностей возможно на пути использования многопроцессорной техники и суперкомпьютерных технологий параллельных вычислений.

При построении адекватной макромоделю транспортной системы необходимо действовать в рамках выработанного регламента, содержащего некоторые общие принципы. В основе такой модели лежит принцип равновесия распределения мультимодальных транспортных потоков (разного вида транспорта) для единой сети. Обычно выделяются следующие этапы в моделировании транспортной системы, при которых проводится декомпозиция единой транспортной системы на связанные подсистемы и определяются корреспонденции между этими подсистемами [2,3]:

- декомпозиция системы, формирование истоков и стоков транспортных потоков;

- вычисление корреспонденций, формирование матрицы корреспонденций;
- расщепление мультимодальных транспортных потоков на унимодальные;
- расщепление корреспонденций по путям сети.

Эти этапы естественно взаимосвязаны, и характеристики их устанавливаются в итерационном процессе. Адекватность районирования существенно влияет на качество модели БТС [4].

Остановимся на начальном этапе – вычленении районов движения (декомпозиция).

Начнем с того, что во многих случаях естественная декомпозиция задачи связана с ландшафтом местности, в которой расположена агломерация. Порой разбиение задачи на подзадачи, а, следовательно, транспортной системы на подсистемы дается сложившимся административным делением районов мегаполиса или структурой основных магистралей (например, сетью окружных и вылетных магистралей). В этом случае нулевое приближение для решения задачи декомпозиции имеется. Рассмотрим иные возможности.

В связи с применением суперпроизводительных вычислений методы исследования больших систем по частям – «диакоптика» [5,14,15] – могут рассматриваться для линейных задач оптимизации как методы декомпозиции и «естественного» распараллеливания алгоритмов решения больших задач. Диакоптика основана на декомпозиции структурной схемы исследуемых систем. Далее обсуждаются возможные подходы к структурной декомпозиции БТС и предпосылки к унификации предлагаемых процедур.

Цель декомпозиции сложной системы состоит в выделении в ней отдельных сильно связанных подсистем [6,7,8]. Метод агрегирования позволяет свести моделирующую функцию к суперпозиции функций меньшего числа аргументов и, тем самым, к практическому решению задачи декомпозиции. О единственности такого разложения речь, естественно, не идет.

Для БТС, модель которых представляется в виде ориентированного графа $G=\langle X, E \rangle$, где X – множество вершин, E – множество дуг, это означает, что процесс декомпозиции может быть формализован на основе методов теории графов путем анализа связности отдельных частей модели БТС. Произвести декомпозицию в этом случае означает выделить в системе сильно связанные подсистемы, т.е. такие подсистемы, все составные части которых благодаря обратным связям взаимно достижимы. При декомпозиции выделяются также слабые связи между подсистемами. Важно отметить, что декомпозиция на подсистем возможна, если матрицу смежности графа

$$R_G = (r_{ij}), \quad r_{ij} = \begin{cases} 1, & (x_i, x_j) \in E; \\ 0, & (x_i, x_j) \notin E. \end{cases}$$

удастся представить в блочно-диагональном виде $R_G = \text{diag}(R_{G_1}, \dots, R_{G_n})$, см. [9]. Как правило, для городских транспортных сетей это возможно, так как в них естественным образом можно выделить внутрирайонные транспортные сети и межрайонные общегородские (в Москве их называют «вылетные») магистрали. Преимущество такого подхода очевидно, так как в нем реализуются возможности естественного распараллеливания вычислений на основе топологических свойств БТС. В соответствии со сформулированными ранее задачами в проекте «Разработка фундаментальных основ, методов и средств прикладного моделирования транспортных процессов и систем на вычислительных комплексах гибридной архитектуры» разрабатывается методика, в которой моделирование БТС ведется на двух уровнях: уровне системы (макроуровень) и уровне подсистем (мезоуровень). На макроуровне вводится математическая модель взаимодействия элементов БТС, которая включает схему сопряжения решений для подсистем на сети общегородских (вылетных) магистралей. Модель сопряжения решений базируется на матрице смежности графа сети общегородских магистралей [6]. При этом общий граф большой сети $G = \langle X, E \rangle$ мы представляем объединением графа общегородских магистралей, как отдельной подсистемы, и графов внутрирайонных сетей $G = G_1 \cup G_2 \cup \dots \cup G_n$. Следует подчеркнуть, что матрица смежности при операции объединения графов вычисляется с помощью логического суммирования соответствующих элементов.

Выше отмечалось, что основой для разложения графа БТС на составляющие могут служить топологические особенности БТС. Однако анализ публикаций в области моделирования больших систем показал, что существуют и формальные методы структурной декомпозиции сложных технических объектов, основанные на преобразованиях матрицы смежности [8]. В дальнейшем предполагается проверить эффективность формальных алгоритмов.

Разработана общая итерационная схема поиска решения для большой сети, которая содержит следующие этапы:

1. БТС разбивается на подсистемы (декомпозиция), когда в соответствии с топологическими особенностями или по другим критериям выделяются районы или подсистемы, которые одновременно рассматриваются как источники и центры притяжения транспортных потребностей;
2. Макромоделирование (агрегирование). По общегородским магистралям распределяются транспортные потоки;
3. Мезомоделирование. Транспортные потоки на общегородских магистралях, полученные на предыдущем шаге, играют роль

исходных данных для внутрирайонных корреспонденций. Осуществляется моделирование каждого района (подсистемы) по традиционной схеме;

4. Уточняются потоки на стыке районов с общегородской сетью. Осуществляется переход к этапу 2.

В последнее время к исследованию моделей БТС мегаполисов привлекаются идеи и методы развивающейся теории сложных сетей [13,15].

Другой подход может быть разработан на основе методов нейросетевого моделирования, которые содержат в себе богатые возможности «неформального» анализа сложных систем [10]. Метод кластеризации и другие приведенные в книгах [10,12] структурные нейросетевые алгоритмы предоставляют средства для решения этой задачи.

Нейросетевые модели и соответствующие им алгоритмы допускают естественное распараллеливание. Наиболее привлекательными нам кажутся возможности унификации процедур декомпозиции, на основе предлагаемой техники «функциональной» кластеризации элементов топологической модели БТС. См. также [11].

Нейросетевые технологии в информационном моделировании, предложенные в монографии [12], будут полезны и на других этапах построения макро-, мезо- и микромоделей БТС и их связи. Отметим преимущества, которые имеют нейросетевые модели по сравнению с традиционными моделями: возможность решения серии задач и построение иерархии моделей, регуляризация некорректно поставленных задач, анализ разнородных данных, распараллеливание и др. Это характерно для многих проблем, возникающих в БТС:

- традиционная модель обычно содержит существенные упрощения по отношению к моделируемому объекту, при этом влияние таких упрощений оценить сложно, а уточнение модели затруднительно без существенной её переработки;
- требуется определение (идентификация) или уточнение коэффициентов модели и, при необходимости, её структуры по данным наблюдений (как правило, разнородным и пополняемым данным) в процессе функционирования моделируемого объекта. Требуется одновременно решать задачи идентификации и управления;
- существенную роль в моделируемых явлениях играют случайные факторы, построить модели которых и учесть их влияние затруднительно. Параметры моделируемой системы известны приближенно (например, заданы интервальными значениями);
- требуется решать задачи распознавания образов, например, по визуальной информации.

Работа поддержана грантом РФФИ 13-01-12046 офи-м. Работа поддержана федеральной целевой программой «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», Соглашение №14.604.21.0052 от 30.06.2014 г. с Минобрнаукой.

Литература

1. Вукан Р.Вучик, Транспорт в городах, удобных для жизни. – Территория будущего. – Москва, 2011. – 413 с.
2. А.В.Гасников и др., Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие/ Издание 2-ое, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2013. – 430 с.
3. В.И.Швецов, Математическое моделирование транспортных потоков// Автоматика и Телемеханика. – 2003. – №11. – С.3-46.
4. В.А.Соловьев, И.С.Сунгуров, Р.Т.Файзуллин, Математическое моделирование транспортных потоков// Суперкомпьютеры. – 2012. – №2 (10). – С.55-58.
5. Г.Крон, Исследование сложных систем по частям – диакоптика. – М.: Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1972. – 544 с.
6. Н.П.Бусленко, Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
7. А.А.Первозванский, В.Г.Гайцгори, Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация. – М.: Наука, 1979. – 344 с.
8. В.И.Нечипоренко, Структурный анализ систем (эффективность и надежность). – М.: «Советское радио», 1977. – 216 с.
9. Л.Д.Певзнер, Е.П.Чураков, Математические основы теории систем. – М.: Высшая шк., 2009. – 503с.
10. С.Хайкин, Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
11. Rui Xu, Donald C. Wunsch II, Clustering (IEEE Press Series on Computational Intelligence, David B. Fogel, Series Editor). – Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2009. – 358 p.
12. А.Н.Васильев, Д.А.Тархов, Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
13. И.А.Евин, Введение в теорию сложных сетей. // Компьютерные исследования и моделирование, 2010, Т. 2, № 2, С. 121-141.
14. А.Е.Петров, Тензорная методология в теории систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 152 с.
15. А.А.Solovyev, I.A.Yevin, T.F.Khabibullin, The model of public transport metropolis in the form of a multilayer network. // Proceedings of «SigmaPhi2014» International conference on statistical physics, Rhodes, Greece, 2014, P. 175.

Родионов В.И.¹, Родионова Н.В.²

¹Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, к.ф.-м.н., декан,
rodionov@uni.udm.ru

²Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, старший преподаватель,
nadezda240986@yandex.ru

О применении многомерных сплайнов при численном решении задач математической физики на примере простейшего уравнения теплопроводности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Уравнение теплопроводности, интерполяция, сплайн, трехдиагональная матрица, многочлены Чебышёва.

АННОТАЦИЯ

В качестве приближенного решения первой краевой задачи для простейшего уравнения теплопроводности предложен оптимальный сплайн, дающий наименьшую невязку в пространстве двумерных сплайнов, представляющую собой норму в пространстве L_2 . Для коэффициентов сплайна и для его невязки получены точные формулы. Формула для невязки представляет собой положительно определенную квадратичную форму от конечных разностей дискретно заданных начальных условий исходной задачи. Коэффициенты формы вычислимы через многочлены Чебышёва. Получен алгоритм численного решения задачи, имеющий линейную вычислительную сложность.

Введение. Пусть $\gamma > 0$, а непрерывная функция $\varphi: [0, 1] \rightarrow \square$ такова, что $\varphi(0) = \varphi(1) = 0$. Хорошо известно, что точное решение $u = u(t, x)$ задачи

$$u_t = \gamma u_{xx}, \quad u(0, x) = \varphi(x), \quad t \in [0, 1], \quad u(t, 0) = u(t, 1) = 0, \quad t \in [0, 1], \quad (1)$$

допускает явное представление в виде ряда Фурье с функциональными (по переменной t) коэффициентами (см., например, [1], с. 202). С позиций численного анализа требуется лишь построить полином Фурье, аппроксимирующий этот ряд с заданной точностью (вычислить достаточное количество коэффициентов Фурье). Сложность вычислений есть величина $O(NM)$, где N – количество слагаемых в полиноме, а M – количество узлов численного интегрирования коэффициентов Фурье.

В рамках теории разностных схем (см., например, [2], с. 257) сложность вычислений есть величина $O(nm)$, где n и m – это количество слоев по переменным x и t соответственно (на каждом временном слое методом прогонки решается линейная система уравнений с трехдиагональной матрицей).

В первом случае под приближенным решением понимается частичная сумма ряда Фурье, а во втором – дискретно заданная в узлах сетки функция (вне точек сетки значения приближенного решения вычисляются с помощью тех или иных интерполяционных методов).

В настоящей работе предлагается алгоритм численного решения исходной задачи, имеющий линейную вычислительную сложность (в зависимости от параметра n , где n – количество слоев по переменной x): методом прогонки решается одна-единственная линейная система уравнений с трехдиагональной матрицей. В некотором смысле это «гибридный» алгоритм: с одной стороны, мы строим сходящуюся к точному решению последовательность сплайнов (по аналогии с последовательностью частичных сумм ряда Фурье), а с другой, – вычисляем дискретно заданную в узлах сетки функцию.

В [3–10] мы применяем различные сплайны, а в рамках настоящей работы используются специальные двумерные сплайны лагранжевого типа [11–12].

1. Специальные многомерные сплайны. Точки $x_0, x_1, \dots, x_n \in \square^n$ такие, что векторы $\Delta x_1, \dots, \Delta x_n$ линейно независимы (где $\Delta x_j \doteq x_j - x_0$), порождают симплекс, который будем обозначать в виде $\langle x_0, x_1, \dots, x_n \rangle$.

Через $\{e_1, \dots, e_n\}$ обозначим стандартный базис в \square^n . (Заметим, что векторы $\Delta x_1, \dots, \Delta x_n$ также образуют базис этого пространства.) Очевидно, квадратная матрица $X = (X_{kj})$ порядка n , состоящая из скалярных произведений $X_{kj} \doteq (e_k, \Delta x_j)$, обратима, то есть существует матрица $Y = (Y_{ik})$ такая, что $YX = E_n = XY$ (где E_n – это единичная матрица порядка n). Следовательно, для всех $i, j \in K$ справедливы равенства

$$\sum_{k \in K} Y_{ik} X_{kj} = \sum_{k \in K} Y_{ik} (e_k, \Delta x_j) = \delta_{ij}, \quad \sum_{\ell \in K} X_{i\ell} Y_{\ell j} = \sum_{\ell \in K} (e_i, \Delta x_\ell) Y_{\ell j} = \delta_{ij},$$

где $K \doteq \{1, \dots, n\}$, δ_{ij} – символ Кронекера. Для любого $i \in K$ определим

функцию $\varphi_i(\xi) \doteq \sum_{k \in K} Y_{ik} (e_k, \xi - x_0)$, $\xi \in \square^n$, и пусть $\varphi_0(\cdot) \doteq 1 - \sum_{i \in K} \varphi_i(\cdot)$.

Через $\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_n$ обозначим барицентрические координаты точки $\xi \in \square^n$ относительно вершин симплекса $S \doteq \langle x_0, x_1, \dots, x_n \rangle$. Другими

словами, если $N \doteq \{0, 1, \dots, n\} = \{0\} \cup K$ то имеют место равенства $\sum_{\ell \in N} \mu_\ell = 1$ и $\sum_{\ell \in N} \mu_\ell x_\ell = \xi$.

Легко показать, что $\varphi_i(\xi) = \mu_i$ для всех $i \in N$, поэтому

$$\xi = x_0 + \sum_{\ell \in K} \varphi_\ell(\xi) \Delta x_\ell, \quad \xi = x_0 + \sum_{\ell \in K} \varphi_\ell(\xi) x_\ell - \sum_{\ell \in K} \varphi_\ell(\xi) x_0 = \sum_{\ell \in N} \varphi_\ell(\xi) x_\ell.$$

Таким образом, барицентрические координаты точки $\xi \in \square^n$

представляют собой совокупность чисел $(\varphi_0(\xi), \varphi_1(\xi), \dots, \varphi_n(\xi))$. В частности, $\varphi_i(x_j) = \delta_{ij}$ для всех $i, j \in N$, следовательно, $\varphi_i(\xi) = 0$ – это уравнение грани $\text{conv}\{x_k: k \in N \setminus \{i\}\}$ симплекса S .

Зафиксируем целое неотрицательное число m и введем в рассмотрение частично упорядоченное множество мультииндексов

$$N_m \doteq N(m) \doteq \left\{ \alpha = (\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n) : \alpha_i \in \square, \alpha_i \geq 0, \sum_{i \in N} \alpha_i = m \right\},$$

где по определению полагаем $\alpha < \beta$, если $\alpha_i \leq \beta_i$ для всех $i \in K$ (очевидно, $\alpha_0 \geq \beta_0$). Справедливо равенство $\text{card } N_m = \binom{n+m}{m}$.

Для любого $\alpha \in N_m$ полагаем по определению $x_\alpha \doteq \frac{1}{m} \sum_{i \in N} \alpha_i x_i$. Очевидно, $x_\alpha \in \text{conv}\{x_i: i \in N\}$, а так как числа $\frac{1}{m} \alpha_i, i \in N$ – это барицентрические

координаты точки x_α , то $\varphi_i(x_\alpha) = \frac{1}{m} \alpha_i$. Полагаем, далее, $\varphi_k^{[0]}(\xi) \doteq 1$ и $\varphi_k^{[\ell]}(\xi) \doteq \prod_{i=1}^{\ell} (m \varphi_k(\xi) + 1 - i)$ для всех $\ell \in \square$. Наконец, для любого $\alpha \in N_m$

полагаем $\varphi^\alpha(\xi) \doteq \prod_{k \in N} \frac{1}{\alpha_k!} \varphi_k^{[\alpha_k]}(\xi)$. Другими словами, при $m \in \square$ для любого $\alpha \in N_m$ справедливо представление

$$\varphi^\alpha(\xi) \doteq \prod_{k \in N: \alpha_k > 0} \frac{1}{\alpha_k!} \prod_{i=1}^{\alpha_k} (m \varphi_k(\xi) + 1 - i).$$

Зафиксируем мультииндексы $\alpha, \beta \in N_m$. Если $\alpha \neq \beta$, то легко показать, что $\varphi_k^{[\alpha_k]}(x_\beta) = 0$ для некоторого $k \in N$, поэтому $\varphi^\alpha(x_\beta) = 0$. Если же $\alpha = \beta$, то для всех $k \in N$ имеет место цепочка равенств

$$\varphi_k^{[\alpha_k]}(x_\beta) = \prod_{i=1}^{\alpha_k} (m \varphi_k(x_\beta) + 1 - i) = \prod_{i=1}^{\alpha_k} (\beta_k + 1 - i) = \prod_{i=1}^{\alpha_k} (\alpha_k + 1 - i) = \alpha_k!$$

поэтому $\varphi^\alpha(x_\beta) = 1$. Таким образом, $\varphi^\alpha(x_\beta) = \delta_{\alpha\beta}$ для любых $\alpha, \beta \in N_m$.

Последнее обстоятельство позволяет легко доказать, что совокупность $\{\varphi^\alpha(\xi)\}_{\alpha \in N(m)}$ состоит из линейно независимых многочленов.

Через $P_m[\xi]$ обозначим конечномерное пространство полиномов переменной $\xi \in \square^n$ степени не выше m . (Степенью монома

$\xi^\alpha \doteq \prod_{i \in K} \xi_i^{\alpha_i}, \alpha \in N_m$ называется сумма $|\alpha| \doteq \sum_{i \in K} \alpha_i$, а степенью полинома –

максимум из степеней его мономов. Совокупность таких мономов образует базис пространства $P_m[\xi]$, поэтому $\dim P_m[\xi] = \binom{n+m}{m}$.)

Очевидно, $\varphi^\alpha(\xi) \in P_m[\xi]$ для любого $\alpha \in N_m$, следовательно, совокупности $\{\xi^\alpha\}_{\alpha \in N(m)}$ и $\{\varphi^\alpha(\xi)\}_{\alpha \in N(m)}$, каждая из которых состоит ровно из

$\binom{n+m}{m}$ линейно независимых функций, являются базисами в пространстве $P_m[\xi]$. Первый базис называем далее *стандартным*, а второй – *S-базисом*, подчеркивая его происхождение от симплекса S . В работе [12] приведены прямая и обратная матрицы перехода от стандартного базиса к *S-базису*.

Теорема 1 (см. [12]). Пусть заданы симплекс $S \doteq \langle x_0, x_1, \dots, x_n \rangle$ и функция $F: \square^n \rightarrow \square$. В пространстве $P_m[\xi]$ существует ровно один полином P такой, что $P(x_\alpha) = F(x_\alpha)$ для всех $\alpha \in N_m$ (где $x_\alpha \doteq \frac{1}{m} \sum_{i \in N} \alpha_i x_i$). Он представим в виде

$$P(\xi) = \sum_{\alpha \in N(m)} F(x_\alpha) \varphi^\alpha(\xi) \quad (2)$$

Действительно, $P(x_\beta) = \sum_{\alpha \in N(m)} F(x_\alpha) \varphi^\alpha(x_\beta) = \sum_{\alpha \in N(m)} F(x_\alpha) \delta_{\alpha\beta} = F(x_\beta)$ для всех $\beta \in N_m$, а единственность представления имеет место постольку, поскольку $\{\varphi^\alpha(\xi)\}_{\alpha \in N(m)}$ – это *S-базис* в $P_m[\xi]$.

Теорема в несколько иных терминах доказана в статье [11].

Зафиксируем функцию $F: \square^n \rightarrow \square$, индекс $r \in N$ и два симплекса $S \doteq \langle x_0, x_1, \dots, x_n \rangle$, $S' \doteq \langle x'_0, x'_1, \dots, x'_n \rangle$ такие, что $x_i = x'_i$ для всех $i \in N \setminus \{r\}$. Они порождают в пространстве $P_m[\xi]$ два базиса: *S-базис* $\{\varphi^\alpha(\xi)\}_{\alpha \in N(m)}$ и *S'-базис* $\{\varphi'^\alpha(\xi)\}_{\alpha \in N(m)}$. Как следствие, определены два полинома вида (2):

$$P(\xi) = \sum_{\alpha \in N(m)} F(x_\alpha) \varphi^\alpha(\xi) \quad \text{и} \quad P'(\xi) = \sum_{\alpha \in N(m)} F(x'_\alpha) \varphi'^\alpha(\xi)$$

где использованы обозначения $x_\alpha \doteq \frac{1}{m} \sum_{i \in N} \alpha_i x_i$ и $x'_\alpha \doteq \frac{1}{m} \sum_{i \in N} \alpha_i x'_i$.

Значения полиномов $P(\cdot)$ и $P'(\cdot)$ совпадают на общей грани

$$\text{conv}\{x_i: i \in N \setminus \{r\}\} = \text{conv}\{x'_i: i \in N \setminus \{r\}\},$$

что дает нам возможность осуществлять непрерывную стыковку полиномов вида (2), заданных на смежных симплексах. Данное обстоятельство позволяет аппроксимировать функции нескольких переменных сплайнами, построенными в соответствии с формулой (2) на произвольной триангулированной области.

В работах [3–10] получены точные формулы для коэффициентов и невязок оптимальных аппроксимирующих сплайнов простейших задач математической физики: для уравнения теплопроводности, для волнового уравнения, для уравнения Лапласа и для уравнения переноса. Мы иллюстрируем эти результаты на примере уравнения теплопроводности, см. [3–4].

2. Функционал невязок. Для численного решения задачи (1) мы применяем формулу (2), в которой $n = 2$, $m = 2$ и $\xi = (\xi_1, \xi_2) = (t, x) \in \square^2$. Пусть $\Pi \doteq [0, 1]^2$, $N \in \mathbb{N}$, $n \doteq N - 1$. Пусть, далее, $\tau \doteq \frac{1}{2}$, $h \doteq \frac{1}{2N}$, $\theta \doteq \gamma\tau / h^2$, а точки $(\tau_i, h_j) \in \Pi$ таковы, что $\tau_i = i\tau$, $i = 0, 1, 2$, $h_j = jh$, $j = 0, 1, \dots, 2N$. Среди всего многообразия триангуляций множества Π сетка $\{(\tau_i, h_j)\}$ порождает следующие две:

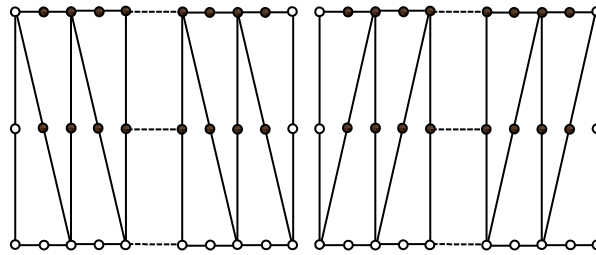


Рис.1. Две триангуляции квадрата Π

Узлы сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$, в которых требуется вычислить значения сплайна, выделены черным цветом, а узлы на границе, где значения сплайна заданы, – белые.

Массив (u_j^i) , $i = 0, 1, 2, j = 0, 1, \dots, 2N$, называется *допустимым*, если $u_j^0 = \varphi(h_j)$ для всех $j = 0, 1, \dots, 2N$ и $u_0^i = u_{2N}^i = 0$ для всех $i = 0, 1, 2$. Каждому узлу сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$ сопоставим значение u_j^i . Тогда на каждом треугольнике обеих триангуляций явно вычислимы полиномы вида (2), причем значения полиномов двух соседних треугольников совпадают на их общей границе.

Последнее обстоятельство позволяет, в частности, определить однозначные непрерывные функции $u_L : \Pi \rightarrow \square$ и $u_R : \Pi \rightarrow \square$, «склеенные» из полиномов, построенных на треугольниках левой и правой триангуляций (см. рис. 1 и построения пункта 3). Эти функции, в свою очередь, порождают функции $u_\omega \doteq \lambda u_L + \mu u_R$, где $\lambda \doteq (1 + \omega) / 2$, $\mu \doteq (1 - \omega) / 2$, $\omega \in [-1, 1]$, которые мы называем специальными сплайнами. Разнообразие таких сплайнов определяется лишь наборами чисел u_j^i , $i = 1, 2, j = 1, \dots, 2N - 1$, и параметром ω . Это означает, что при фиксированном ω сплайны образуют конечномерное пространство размерности $4N - 2$. Обозначим его $\sigma(\Pi) = \sigma_\omega(\Pi)$.

Определим оператор $D : \sigma(\Pi) \rightarrow L_2(\Pi)$ следующим образом. Всякий сплайн $u \in \sigma(\Pi)$ имеет частные производные любого порядка во всех точках множества Π , за исключением множества меры нуль:

$$\{t = 0\} \cup \{t = 1\} \cup \left\{x = h_{2k}\right\}_{k=0}^N \cup \left\{x + \frac{h}{\tau}t = h_{2k}\right\}_{k=1}^N \cup \left\{x - \frac{h}{\tau}t = h_{2k-2}\right\}_{k=1}^N. \quad (3)$$

Пусть $(Du)(t, x) \doteq 0$ во всех точках множества (3), а в остальных точках

квадрата Π полагаем $(Du)(t, x) \neq u_t - u_{xx}$. Таким образом, в качестве приближенного решения задачи (1) можно принять сплайн наилучшего приближения задачи

$$J = J(u) \doteq \| Du \|_{L_2(\Pi)}^2 = \int_{\Pi} (u_t - \gamma u_{xx})^2 dt dx \rightarrow \min, \quad u \in \sigma_{\omega}(\Pi),$$

решение которой сводится к поиску чисел \bar{u}_j^i , $i=1, 2$, $j=1, \dots, 2N-1$, реализующих минимум функционала J и порождающих оптимальное решение $\bar{u} \in \sigma_{\omega}(\Pi)$. Очевидно, числа \bar{u}_j^i должны удовлетворять системе уравнений $\partial J / \partial u_j^i = 0$, $i=1, 2$, $j=1, \dots, 2N-1$.

3. Безынтегральная формула для функционала невязок. Всякий допустимый массив (u_j^i) , $i=0, 1, 2$, $j=0, 1, \dots, 2N$, порождает термы

$$x_j \doteq u_j^2 - u_j^0, \quad y_j \doteq u_j^2 - 2u_j^1 + u_j^0, \quad j=0, 1, \dots, 2N,$$

$$X_k \doteq x_{2k-2} - 2x_{2k-1} + x_{2k}, \quad Y_k \doteq \lambda \mu y_{2k-2} + 2(1-\lambda \mu) y_{2k-1} + \lambda \mu y_{2k}, \quad k=1, \dots, N,$$

и граничные элементы

$$Z_k \doteq u_{2k-2}^0 - 2u_{2k-1}^0 + u_{2k}^0 = \varphi(h_{2k-2}) - 2\varphi(h_{2k-1}) + \varphi(h_{2k}), \quad z_k \doteq 2\theta Z_k, \quad k=1, \dots, N,$$

$$k=1, \dots, N.$$

Очевидно, $u_j^1 = u_j^0 + (x_j - y_j) / 2$, $u_j^2 = u_j^0 + x_j$ для всех $j=0, 1, \dots, 2N$.

Сетка $\{(\tau_i, h_j)\}$ и допустимый массив (u_j^i) , $i=0, 1, 2$, $j=0, 1, \dots, 2N$, позволяют определить следующие четыре серии полиномов ($k=1, \dots, N$), порождающие сплайны $u_L: \Pi \rightarrow \square$ и $u_R: \Pi \rightarrow \square$.

Совокупность точек сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$ и элементов матрицы (u_j^i) :

$$\begin{array}{ccc} (\tau_2, h_{2k-2}) & & u_{2k-2}^2 \\ (\tau_1, h_{2k-2}) \quad (\tau_1, h_{2k-1}) & \text{и} & u_{2k-2}^1 \quad u_{2k-1}^1 \\ (\tau_0, h_{2k-2}) \quad (\tau_0, h_{2k-1}) \quad (\tau_0, h_{2k}) & & u_{2k-2}^0 \quad u_{2k-1}^0 \quad u_{2k}^0 \end{array} \quad (4)$$

порождают интерполяционный полином

$$P^{1k}(t, x) = a_{11}^{1k} \left(\frac{t}{2\tau} \right)^2 + 2a_{12}^{1k} \frac{t}{2\tau} \frac{x - h_{2k-2}}{2h} + a_{22}^{1k} \left(\frac{x - h_{2k-2}}{2h} \right)^2 + b_1^{1k} \frac{t}{2\tau} + b_2^{1k} \frac{x - h_{2k-2}}{2h} + c^{1k},$$

удовлетворяющий на элементах (4) условию $P^{1k}(\tau_i, h_j) = u_j^i$. Легко проверить, что

$$\begin{aligned} a_{11}^{1k} &= 2(u_{2k-2}^2 - 2u_{2k-2}^1 + u_{2k-2}^0) = 2y_{2k-2}, \\ a_{12}^{1k} &= a_{21}^{1k} = 2(u_{2k-1}^1 - u_{2k-2}^1 - u_{2k-1}^0 + u_{2k-2}^0) = x_{2k-1} - x_{2k-2} - y_{2k-1} + y_{2k-2}, \\ a_{22}^{1k} &= 2(u_{2k}^0 - 2u_{2k-1}^0 + u_{2k-2}^0) = 2Z_k, \\ b_1^{1k} &= -u_{2k-2}^2 + 4u_{2k-2}^1 - 3u_{2k-2}^0 = x_{2k-2} - 2y_{2k-2}, \\ b_2^{1k} &= -u_{2k}^0 + 4u_{2k-1}^0 - 3u_{2k-2}^0, \quad c^{1k} = u_{2k-2}^0. \end{aligned}$$

Совокупность точек сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$ и элементов матрицы (u_j^i) :

$$\begin{array}{ccccccc}
 (\tau_2, h_{2k-2}) & (\tau_2, h_{2k-1}) & (\tau_2, h_{2k}) & & u_{2k-2}^2 & u_{2k-1}^2 & u_{2k}^2 \\
 & (\tau_1, h_{2k-1}) & (\tau_1, h_{2k}) & \text{и} & & u_{2k-1}^1 & u_{2k}^1 \\
 & & (\tau_0, h_{2k}) & & & & u_{2k}^0
 \end{array} \quad (5)$$

порождают интерполяционный полином

$$P^{2k}(t, x) = a_{11}^{2k} \left(\frac{2\tau - t}{2\tau} \right)^2 + 2a_{12}^{2k} \frac{2\tau - t}{2\tau} \frac{h_{2k} - x}{2h} + a_{22}^{2k} \left(\frac{h_{2k} - x}{2h} \right)^2 + b_1^{2k} \frac{2\tau - t}{2\tau} + b_2^{2k} \frac{h_{2k} - x}{2h} + c^{2k},$$

удовлетворяющий на элементах (5) условию $P^{2k}(\tau_i, h_j) = u_j^i$. Легко проверить, что

$$\begin{aligned}
 a_{11}^{2k} &= 2(u_{2k}^0 - 2u_{2k}^1 + u_{2k}^2) = 2y_{2k}, \\
 a_{12}^{2k} &= a_{21}^{2k} = 2(u_{2k-1}^1 - u_{2k}^1 - u_{2k-1}^2 + u_{2k}^2) = -x_{2k-1} + x_{2k} - y_{2k-1} + y_{2k}, \\
 a_{22}^{2k} &= 2(u_{2k-2}^2 - 2u_{2k-1}^2 + u_{2k}^2) = 2(X_k + Z_k), \\
 b_1^{2k} &= -u_{2k}^0 + 4u_{2k}^1 - 3u_{2k}^2 = -x_{2k} - 2y_{2k}, \\
 b_2^{2k} &= -u_{2k-2}^2 + 4u_{2k-1}^2 - 3u_{2k}^2, \quad c^{2k} = u_{2k}^2.
 \end{aligned}$$

Совокупность точек сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$ и элементов матрицы (u_j^i) :

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & (\tau_2, h_{2k}) & & & & u_{2k}^2 \\
 & (\tau_1, h_{2k-1}) & (\tau_1, h_{2k}) & \text{и} & & u_{2k-1}^1 & u_{2k}^1 \\
 (\tau_0, h_{2k-2}) & (\tau_0, h_{2k-1}) & (\tau_0, h_{2k}) & & u_{2k-2}^0 & u_{2k-1}^0 & u_{2k}^0
 \end{array} \quad (6)$$

порождают интерполяционный полином

$$P^{3k}(t, x) = a_{11}^{3k} \left(\frac{t}{2\tau} \right)^2 + 2a_{12}^{3k} \frac{t}{2\tau} \frac{h_{2k} - x}{2h} + a_{22}^{3k} \left(\frac{h_{2k} - x}{2h} \right)^2 + b_1^{3k} \frac{t}{2\tau} + b_2^{3k} \frac{h_{2k} - x}{2h} + c^{3k},$$

удовлетворяющий на элементах (6) условию $P^{3k}(\tau_i, h_j) = u_j^i$. Легко проверить, что

$$\begin{aligned}
 a_{11}^{3k} &= 2(u_{2k}^2 - 2u_{2k}^1 + u_{2k}^0) = 2y_{2k}, \\
 a_{12}^{3k} &= a_{21}^{3k} = 2(u_{2k-1}^1 - u_{2k}^1 - u_{2k-1}^0 + u_{2k}^0) = x_{2k-1} - x_{2k} - y_{2k-1} + y_{2k}, \\
 a_{22}^{3k} &= 2(u_{2k-2}^0 - 2u_{2k-1}^0 + u_{2k}^0) = 2Z_k, \quad b_1^{3k} = -u_{2k}^2 + 4u_{2k}^1 - 3u_{2k}^0 = x_{2k} - 2y_{2k}, \\
 b_2^{3k} &= -u_{2k-2}^0 + 4u_{2k-1}^0 - 3u_{2k}^0, \quad c^{3k} = u_{2k}^0.
 \end{aligned}$$

Совокупность точек сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$ и элементов матрицы (u_j^i) :

$$\begin{array}{ccccccc}
 (\tau_2, h_{2k-2}) & (\tau_2, h_{2k-1}) & (\tau_2, h_{2k}) & & u_{2k-2}^2 & u_{2k-1}^2 & u_{2k}^2 \\
 (\tau_1, h_{2k-2}) & (\tau_1, h_{2k-1}) & & \text{и} & u_{2k-2}^1 & u_{2k-1}^1 & \\
 (\tau_0, h_{2k-2}) & & & & u_{2k-2}^0 & &
 \end{array} \quad (7)$$

порождают интерполяционный полином

$$P^{4k}(t, x) = a_{11}^{4k} \left(\frac{2\tau - t}{2\tau} \right)^2 + 2a_{12}^{4k} \frac{2\tau - t}{2\tau} \frac{x - h_{2k-2}}{2h} + a_{22}^{4k} \left(\frac{x - h_{2k-2}}{2h} \right)^2 + b_1^{4k} \frac{2\tau - t}{2\tau} + b_2^{4k} \frac{x - h_{2k-2}}{2h} + c^{4k},$$

удовлетворяющий на элементах (7) условию $P^{4k}(\tau_i, h_j) = u_j^i$. Легко проверить, что

$$\begin{aligned}
a_{11}^{4k} &= 2(u_{2k-2}^0 - 2u_{2k-2}^1 + u_{2k-2}^2) = 2y_{2k-2}, \\
a_{12}^{4k} = a_{21}^{4k} &= 2(u_{2k-1}^1 - u_{2k-2}^1 - u_{2k-1}^2 + u_{2k-2}^2) = -x_{2k-1} + x_{2k-2} - y_{2k-1} + y_{2k-2}, \\
a_{22}^{4k} &= 2(u_{2k}^2 - 2u_{2k-1}^2 + u_{2k-2}^2) = 2(X_k + Z_k), \\
b_1^{4k} &= -u_{2k-2}^0 + 4u_{2k-2}^1 - 3u_{2k-2}^2 = -x_{2k-2} - 2y_{2k-2}, \\
b_2^{4k} &= -u_{2k}^2 + 4u_{2k-1}^2 - 3u_{2k-2}^2, \quad c^{4k} = u_{2k-2}^2.
\end{aligned}$$

Через Π^{1k} обозначим выпуклую оболочку точек сетки $\{(\tau_i, h_j)\}$, входящих в совокупность (4), а через Π^{2k} – выпуклую оболочку точек, входящих в совокупность (5). Возможность непрерывной стыковки полиномов, определенных на двух соседних треугольниках левой триангуляции (см. рис. 1), позволяет определить на Π непрерывную функцию

$$u_L(t, x) \doteq \begin{cases} P^{1k}(t, x), & \text{если } k, t, x \text{ такие, что } (t, x) \in \Pi^{1k}, \\ P^{2k}(t, x), & \text{если } k, t, x \text{ такие, что } (t, x) \in \Pi^{2k}. \end{cases} \quad (8)$$

Обозначим, далее, через Π^{3k} выпуклую оболочку точек, входящих в совокупность (6), а через Π^{4k} – выпуклую оболочку точек, входящих в совокупность (7). Правая триангуляция (см. рис. 1) также порождает на Π непрерывную функцию

$$u_R(t, x) \doteq \begin{cases} P^{3k}(t, x), & \text{если } k, t, x \text{ такие, что } (t, x) \in \Pi^{3k}, \\ P^{4k}(t, x), & \text{если } k, t, x \text{ такие, что } (t, x) \in \Pi^{4k}. \end{cases} \quad (9)$$

Зафиксируем $\omega \in [-1, 1]$, и пусть $u \doteq \lambda u_L + \mu u_R$ – «усредненный» сплайн, построенный из функций (8), (9). Пусть, далее, $G^{1k} \doteq \Pi^{1k} \cap \Pi^{3k}$, $G^{2k} \doteq \Pi^{2k} \cap \Pi^{4k}$, $G^{3k} \doteq \Pi^{3k} \cap \Pi^{2k}$, $G^{4k} \doteq \Pi^{4k} \cap \Pi^{1k}$ для всех k , и для каждого $\ell = 1, \dots, 4$ определим интегралы $J^{\ell k} \doteq \int_{G^{\ell k}} (Du)^2(t, x) dt dx$. Тогда

$$J(u) = \int_{\Pi} (Du)^2(t, x) dt dx = \sum_{k=1}^N \sum_{\ell=1}^4 J^{\ell k} = \frac{1}{72N} \sum_{k=1}^N \sum_{\ell=1}^4 \left[(A^{\ell k})^2 + 3(B^{\ell k})^2 + 2(C^{\ell k})^2 \right],$$

где

$$\begin{aligned}
A^{1k} &= -\lambda a_{11}^{1k} - \mu a_{11}^{3k} = -2\lambda y_{2k-2} - 2\mu y_{2k}, \\
B^{1k} &= \lambda a_{12}^{1k} - \mu a_{12}^{3k} = -\lambda x_{2k-2} + \omega x_{2k-1} + \mu x_{2k} + \lambda y_{2k-2} - \omega y_{2k-1} - \mu y_{2k}, \\
C^{1k} &= \lambda (a_{11}^{1k} + 3a_{12}^{1k} + 3b_1^{1k} - 3\theta a_{22}^{1k}) + \mu (a_{11}^{3k} + 3a_{12}^{3k} + 3b_1^{3k} - 3\theta a_{22}^{3k}) = \\
&= 3\lambda x_{2k-1} - \beta_{2k-2} - \mu_{2k-1} - 3y_{2k} - z_k, \\
A^{2k} &= \lambda a_{11}^{2k} + \mu a_{11}^{4k} = 2\mu y_{2k-2} + 2\lambda y_{2k}, \\
B^{2k} &= \lambda a_{12}^{2k} - \mu a_{12}^{4k} = -\mu x_{2k-2} - \omega x_{2k-1} + \lambda x_{2k} - \mu y_{2k-2} - \omega y_{2k-1} + \lambda y_{2k}, \\
C^{2k} &= -\lambda (a_{11}^{2k} + 3a_{12}^{2k} + 3b_1^{2k} + 3\theta a_{22}^{2k}) - \mu (a_{11}^{4k} + 3a_{12}^{4k} + 3b_1^{4k} + 3\theta a_{22}^{4k}) = \\
&= 3x_{2k-1} - 6\lambda X_k + \beta_{2k-2} + \lambda_{2k-1} + 3y_{2k} - z_k,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A^{3k} &= \lambda a_{12}^{2k} - \mu a_{12}^{3k} = -x_{2k-1} + x_{2k} - \omega y_{2k-1} + \omega y_{2k}, \\
B^{3k} &= \lambda a_{11}^{2k} + \mu a_{11}^{3k} = 2y_{2k}, \\
C^{3k} &= -\lambda (3a_{11}^{2k} + a_{12}^{2k} + 3b_1^{2k} + 3\theta a_{22}^{2k}) + \mu (3a_{11}^{3k} + a_{12}^{3k} + 3b_1^{3k} - 3\theta a_{22}^{3k}) = \\
&= x_{2k-1} + 2x_{2k} - 6\theta X_k - y_{2k-1} - y_{2k} - 3z_k, \\
A^{4k} &= -\lambda a_{12}^{1k} + \mu a_{12}^{4k} = x_{2k-2} - x_{2k-1} - \omega y_{2k-2} + \omega y_{2k-1}, \\
B^{4k} &= \lambda a_{11}^{1k} + \mu a_{11}^{4k} = 2y_{2k-2}, \\
C^{4k} &= \lambda (3a_{11}^{1k} + a_{12}^{1k} + 3b_1^{1k} - 3\theta a_{22}^{1k}) - \mu (3a_{11}^{4k} + a_{12}^{4k} + 3b_1^{4k} + 3\theta a_{22}^{4k}) = \\
&= 2x_{2k-2} + x_{2k-1} - 6\theta \mu X_k + \omega y_{2k-2} - \omega y_{2k-1} - 3z_k.
\end{aligned}$$

В итоге мы получили безынтегральное представление для функционала J , он является квадратичной формой от величин $x_j, y_j, j=0,1,\dots,2N, z_k, k=1,\dots,N$. Так как $x_0 = y_0 = x_{2N} = y_{2N} = 0$, а термы z_k постоянны (как граничные элементы), то J , в конечном счете, является квадратичной функцией от переменных $x_j, y_j, j=1,\dots,2N-1$ (определен в пространстве \square^{4N-2}). Для нахождения минимума функционала необходимо вычислить его частные производные:

$$3N \frac{\partial J}{\partial x_{2k-1}} = 2r(\mu)x_{2k-2} + 2r(\lambda)x_{2k} - 2[R + 4\theta^2(1-\lambda\mu)]X_k + 4\theta Y_k - 4rz_k, \quad (10)$$

$$3N \frac{\partial J}{\partial y_{2k-1}} = -4\theta(1-\lambda\mu)X_k + 2Y_k, \quad k=1,\dots,N, \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
3N \frac{\partial J}{\partial x_{2k}} &= 2[1-r(\mu)]x_{2k-1} + 2x_{2k} + 2[1-r(\lambda)]x_{2k+1} + \\
&+ [R-1-6\theta+4\theta^2(1-\lambda\mu)](X_k + X_{k+1}) - 2\theta(Y_k + Y_{k+1}) - (1-6\theta)(z_k + z_{k+1}), \quad (12)
\end{aligned}$$

$$3N \frac{\partial J}{\partial y_{2k}} = -2\theta\lambda\mu(X_k + X_{k+1}) +$$

$$+ \frac{1}{2}\lambda\mu y_{2k-2} + 2\lambda\mu y_{2k-1} + (4-5\lambda\mu)y_{2k} + 2\lambda\mu y_{2k+1} + \frac{1}{2}\lambda\mu y_{2k+2}, \quad k=1,\dots,n. \quad (13)$$

Здесь и далее используем обозначения: $r(s) \doteq 1 + 2\theta + 2\theta s$, $r \doteq r(\frac{1}{2}) = 1 + 3\theta$,

$$P \doteq 2r\theta\omega, \quad R \doteq \frac{7}{8} + 4\theta + 6\theta^2 + (\frac{1}{8} + 2\theta^2)\omega^2 > 0, \quad Q \doteq 3R - 2r^2, \quad S \doteq R - 2\theta^2\omega^2,$$

$$x \doteq \frac{31 + 30\omega^2 + 3\omega^4}{(1-\omega^2)(1+3\omega^2)} \geq 15 + 8\sqrt{3}, \quad y \doteq \frac{Q+S}{Q-S} < -1, \quad \alpha \doteq \frac{Q+S-2P}{Q-S}, \quad \beta \doteq \frac{Q+S+2P}{Q-S}$$

Выражение для x имеет смысл при $\omega \neq \pm 1$. Заметим, что $Q - S < 0$, $\alpha + \beta = 2y$, $\alpha\beta > 1$. Вычислив четыре линейные комбинации из производных (10) - (13)

$$\frac{1}{2} \frac{\partial J}{\partial y_{2k-1}}, \quad \frac{1}{2} \frac{\partial J}{\partial x_{2k-1}} - \theta \frac{\partial J}{\partial y_{2k-1}}, \quad -\lambda\mu \frac{\partial J}{\partial y_{2k-1}} + 2(1-\lambda\mu) \frac{\partial J}{\partial y_{2k}} - \lambda\mu \frac{\partial J}{\partial y_{2k+1}},$$

$$\frac{1}{2} [R - r(\lambda)] \frac{\partial J}{\partial x_{2k-1}} + R \frac{\partial J}{\partial x_{2k}} + \frac{1}{2} [R - r(\mu)] \frac{\partial J}{\partial x_{2k+1}} + \theta r(\lambda) \frac{\partial J}{\partial y_{2k-1}} + \theta r(\mu) \frac{\partial J}{\partial y_{2k+1}}$$

(две первые комбинации – для всех $k = 1, \dots, N$, а две вторые – для всех $k = 1, \dots, n$) и приравняв их нулю, получим при $\omega \neq \pm 1$ систему уравнений

$$\lambda\mu y_{2k-2} + 2(1-\lambda\mu) y_{2k-1} + \lambda\mu y_{2k} = 2\theta(1-\lambda\mu)(x_{2k-2} - 2x_{2k-1} + x_{2k}), \quad k = 1, \dots, N, \quad (14)$$

$$[r(\mu) - R]x_{2k-2} + 2Rx_{2k-1} + [r(\lambda) - R]x_{2k} = 2rz_k, \quad k = 1, \dots, N,$$

$$y_{2k-2} + 2y_{2k} + y_{2k+2} = 0, \quad k = 1, \dots, n, \quad (15z)$$

0

$$x_{2k-2} + 2y_{2k} + x_{2k+2} = (1 + \alpha)z_k + (1 + \beta)z_{k+1}, \quad k = 1, \dots, n.$$

При $\omega = \pm 1$ изменяются уравнения (15), принимающие вид $y_{2k} = 0$, и упрощаются уравнения (14), принимающие вид $y_{2k-1} = \theta(x_{2k-2} - 2x_{2k-1} + x_{2k})$. Заметим еще, что при $\omega \neq \pm 1$ матрица системы (15) имеет трехдиагональный вид с доминирующей диагональю, следовательно, система имеет единственное тривиальное решение (так как $y_0 = y_{2N} = 0$), то есть $y_{2k} = 0$ для всех $k = 1, \dots, n$. Значит, уравнения (14) тоже принимают вид $y_{2k-1} = \theta(x_{2k-2} - 2x_{2k-1} + x_{2k})$. Следовательно, при всех $\omega \in [-1, 1]$

$$y_{2k-1} = \theta(x_{2k-2} - 2x_{2k-1} + x_{2k}), \quad k = 1, \dots, N, \quad (16)$$

$$[r(\mu) - R]x_{2k-2} + 2Rx_{2k-1} + [r(\lambda) - R]x_{2k} = 2rz_k, \quad k = 1, \dots, N, \quad (17)$$

$$y_{2k} = 0, \quad k = 1, \dots, n, \quad (18)$$

$$x_{2k-2} + 2y_{2k} + x_{2k+2} = (1 + \alpha)z_k + (1 + \beta)z_{k+1}, \quad k = 1, \dots, n. \quad (19)$$

Совокупность уравнений (19) имеет самостоятельный характер: ее уравнения связывают между собой лишь переменные вида x_{2m} . Матрица системы уравнений (19) имеет трехдиагональный вид с доминирующей диагональю, поэтому система однозначно разрешима. В частности, справедлива явная формула (20), кроме того, для решения системы (19) применим метод прогонки. Из уравнений (17) легко находим все x_{2k-1} . Наконец, из уравнений (16) вычисляем все y_{2k-1} . Полученные значения позволяют найти искомые величины \bar{u}_j^i : напомним, что $\bar{u}_j^1 = u_j^0 + (x_j - y_j) / 2\varphi(h_j) + x_j - y_j / 2$, $\bar{u}_j^2 = u_j^0 + x_j = \varphi(h_j) + x_j$, $j = 1, \dots, 2N - 1$.

Метод прогонки имеет линейную сложность вычислений и, безусловно, наиболее эффективен в прикладной реализации. Однако явная формула (20) имеет важное теоретическое значение: она позволяет в явном виде получить минимальное значение J^* функционала невязки (см. формулу (21)) и показать, что в случае гладких граничных функций имеет место равенство $J^* = O(N^{-1})$. Тем самым разностная схема (16) – (19)

приобретает «легитимный» статус: найдется аппроксимирующий сплайн, сколь угодно близкий к точному решению задачи (1). Эти исследования и составляют оставшуюся часть настоящей работы.

4. Вспомогательные утверждения о многочленах Чебышёва. Пусть $x \in \square$, $n \in \square$, и составим матрицу $A(x) = (A_{ij}(x))$ порядка n такую, что $A_{ij}(x) \doteq \delta_{i,j+1} + 2x\delta_{ij} + \delta_{i,j-1}$. В [3] доказано, что $\det(A_{ij}(x)) = U_n(x)$.

Совокупность $\{U_n(x), x \in \square\}_{n \in \square}$ состоит из многочленов Чебышёва 2-го рода (определяется из рекурсии $U_{-1}(x) \doteq 0$, $U_0(x) \doteq 1$, $U_{n-1}(x) + U_{n+1}(x) = 2xU_n(x)$).

Составим, далее, матрицу $B(x) = (B_{ij}(x))$ порядка n :

$$B_{ij}(x) \doteq (-1)^{i+j} \begin{cases} U_{i-1}(x)U_{n-j}(x), & \text{если } i \leq j, \\ U_{n-i}(x)U_{j-1}(x), & \text{если } i \geq j. \end{cases}$$

Теорема 2 (см. [3]). *Справедливы равенства*

$$A(x)B(x) = U_n(x)E_n = B(x)A(x),$$

где E_n – единичная матрица порядка n .

Пусть числа $\alpha, \beta, x \in \square$ таковы, что $\alpha + \beta = 2x$. Они порождают числа

$$P_n(x) \doteq U_n(x) - \beta U_{n-1}(x), \quad Q_n(x) \doteq U_n(x) - \alpha U_{n-1}(x), \quad n \in \square,$$

матрицы $\bar{A}(x) = (\bar{A}_{ij}(x))$ и $\bar{B}(x) = (\bar{B}_{ij}(x))$, $i, j = 0, 1, \dots, n$, порядка N такие, что

$$\bar{A}_{ij}(x) \doteq \begin{cases} \alpha, & \text{если } (i, j) = (0, 0), \\ \delta_{i,j+1} + 2x\delta_{ij} + \delta_{i,j-1}, & \text{если } (i, j) \neq (0, 0), \end{cases}$$

$$\bar{B}_{ij}(x) \doteq (-1)^{i+j} \begin{cases} P_i(x)U_{n-j}(x), & \text{если } i \leq j, \\ U_{n-i}(x)P_j(x), & \text{если } i \geq j, \end{cases}$$

матрицы $\tilde{A}(x) = (\tilde{A}_{ij}(x))$ и $\tilde{B}(x) = (\tilde{B}_{ij}(x))$, $i, j = 0, 1, \dots, N$, порядка $N+1$ такие, что

$$\tilde{A}_{ij}(x) \doteq \begin{cases} \alpha, & \text{если } (i, j) = (0, 0), \\ \delta_{i,j+1} + 2x\delta_{ij} + \delta_{i,j-1}, & \text{если } (0, 0) \neq (i, j) \neq (N, N), \\ \beta, & \text{если } (i, j) = (N, N), \end{cases}$$

$$\tilde{B}_{ij}(x) \doteq (-1)^{i+j} \begin{cases} P_i(x)Q_{N-j}(x), & \text{если } i \leq j, \\ Q_{N-i}(x)P_j(x), & \text{если } i \geq j. \end{cases}$$

Теорема 3 (см. [4]). *Справедливы равенства*

$$\bar{A}(x)\bar{B}(x) = P_N(x)E_n^0 = \bar{B}(x)\bar{A}(x),$$

где E_n^0 – единичная матрица порядка N с элементами $(E_n^0)_{ij} = \delta_{ij}$, $i, j = 0, 1, \dots, n$.

Теорема 4 (см. [4]). *Справедливы равенства*

$$\tilde{A}(x)\tilde{B}(x) = (\alpha\beta - 1)U_n(x)E_N^0 = \tilde{B}(x)\tilde{A}(x),$$

где E_N^0 – единичная матрица порядка $N+1$ с элементами $(E_N^0)_{ij} = \delta_{ij}$, $i, j = 0, 1, \dots, N$.

5. Точная формула для решения системы (19). Известно, что все нули многочленов $U_n(\cdot)$ лежат в интервале $(-1, 1)$, поэтому вне этого интервала имеем $U_n(\cdot) \neq 0$. В системе (19) $y < -1$, $x_0 = x_{2N} = 0$, поэтому она имеет вид $A(y)X = V$, где $X \doteq (x_2, \dots, x_{2n})'$, $V \doteq (v_1, \dots, v_n)' \in \square^n$, $v_k \doteq (1 + \alpha)z_k + (1 + \beta)z_{k+1}$, $k = 1, \dots, n$. В силу теоремы 2 имеет место равенство $U_n(y)X = B(y)V$, а так как $U_n(y)X = B(y)V$, то

$$x_{2k} = \frac{1}{U_n(y)} \sum_{j=1}^n B_{kj}(y) \left((1 + \alpha)z_j + (1 + \beta)z_{j+1} \right), \quad k = 1, \dots, n \quad (20)$$

6. Точная формула для минимума функционала невязки. Пусть J^* – значение функционала J на решении системы (16) – (19). Пусть, далее,

$$\xi_0 \doteq -z_1, \quad \xi_k \doteq z_k - z_{k+1}, \quad k = 1, \dots, n, \quad \xi_N \doteq z_N$$

– конечные разности начальной функции Φ .

Если $\xi \doteq (\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_N)' \in \square^{N+1}$, $c \doteq c(\omega) \doteq -2R[(S - Q)(\alpha\beta - 1)]^{-1} < 0$, то

$$J^* = \frac{1}{6N} \left\langle [c\tilde{A}(y)]^{-1} \xi, \xi \right\rangle \quad (21)$$

– положительно определенная квадратичная форма.

7. О параметрах наилучшей аппроксимации. Формула (21) позволяет провести исследование на качество аппроксимации при разных N и ω . В силу следствия 4 [4] для спектра $\{\tilde{\Lambda}_0^c, \tilde{\Lambda}_1^c, \dots, \tilde{\Lambda}_N^c\}$ матрицы $[c\tilde{A}(y)]^{-1}$ справедливо

$$0 < [c(-2 + 2y)]^{-1} < \tilde{\Lambda}_N^c < \dots < \tilde{\Lambda}_1^c < [c(\alpha - \beta^{-1})]^{-1} < \tilde{\Lambda}_0^c < [c(\alpha\beta - 1)/2y]^{-1},$$

следовательно, при любом N имеют место оценки

$$[c(-2 + 2y)]^{-1} \|\xi\|_N^2 < \left\langle [c\tilde{A}(y)]^{-1} \xi, \xi \right\rangle < [c(\alpha\beta - 1)/2y]^{-1} \|\xi\|_N^2,$$

$$J^* < \frac{1}{6N} [c(\alpha\beta - 1)/2y]^{-1} \|\xi\|_N^2.$$

Легко проверить, что минимум величины $[c(\alpha\beta - 1)/2y]^{-1}$ достигается при $\omega = 0$.

Последовательность $\left\{ \|\xi\|_N^2 \right\}_{N=2}^{\square}$ порождена функцией Φ . Если $\varphi \in C^3[0, 1]$, то легко показать, что $J^* = O(N^{-1})$, а если к тому же $\varphi''(0) = \varphi''(1) = 0$, то $J^* = O(N^{-2})$. Таким образом, если $\{J_N\}$ – это последовательность, в которой $J_N = J^*$ – минимальное значение функционала J , вычисленное при $\omega = 0$ и заданном N , то имеет место предельное соотношение $J_N \rightarrow 0$. Аналогичный предел имеет место при любом $\omega \in [-1, 1]$. Таким образом, для любого $\varepsilon > 0$ найдутся N и сплайн $\bar{u} \in \sigma_\omega(\Pi)$ такие, что $J_N(\bar{u}) < \varepsilon$. (Целесообразно использовать параметр $\omega = 0$.)

Литература

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1977. – 736 с.
2. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983. – 616 с.
3. Родионов В.И., Родионова Н.В. Точные формулы для коэффициентов и невязки оптимального аппроксимирующего сплайна простейшего уравнения теплопроводности // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2010. – Вып. 4. – С. 154–171.
4. Родионов В.И., Родионова Н.В. Точное решение одной задачи оптимизации, порожденной простейшим уравнением теплопроводности // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2012. – Вып. 3. – С. 141–156.
5. Родионов В.И. О решении одной задачи оптимизации, порожденной простейшим уравнением теплопроводности // Известия Института математики и информатики УдГУ. – 2014. – Вып. 1 (43). – С. 49–67.
6. Родионова Н.В. Точные формулы для коэффициентов и невязки оптимального аппроксимирующего сплайна простейшего волнового уравнения // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2012. – Вып. 1. – С. 144–154.
7. Родионова Н.В. Точное решение одной задачи оптимизации, порожденной простейшим волновым уравнением // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2014. – Вып. 1. – С. 141–152.
8. Родионов В.И. Об одном методе построения разностных схем // Вестник Тамбовского университета. Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18. – Вып. 5. – С. 2656–2659.
9. Родионов В.И. Точные формулы для коэффициентов и невязки оптимального аппроксимирующего сплайна простейшего уравнения переноса // Современные проблемы прикладной математики, теории управления и математического моделирования: материалы IV международной научной конференции. – ВГУ. – Воронеж, 2011. – С. 252–253.
10. Rodionov V.I. On exact solution of optimization problem generated by simplest transfer equation // Современные компьютерные и информационные технологии: сборник трудов международной научной Российско-Корейской конференции. – УрФУ. – Екатеринбург, 2011. – С. 132–135.
11. Nicolaidis R.A. On a class of finite elements generated by Lagrange interpolation // SIAM J. Numer. Anal. – 1972. – № 9. – P. 435–445.
12. Родионов В.И. О применении специальных многомерных сплайнов произвольной степени в численном анализе // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2010. – Вып. 4. – С. 146–153.

Семененко М.Г.

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга, к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей математики, msemenenko2009@yandex.ru

Разработка функций пользователя в Excel 2013: приложения нечеткой логики

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Нечеткая логика, электронные таблицы Excel, VBA.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются особенности написания функций пользователя в Excel 2013. Рассмотрены примеры разработки приложений нечеткой логики для оценки финансовой устойчивости предприятия и прогноза случайных событий при разряде различных типов аккумуляторов.

Введение

Электронные таблицы Excel имеют давнюю историю применения в различных сферах. Они отличаются уровнем функциональности, позволяющим рассматривать их как мощные системы поддержки принятия решений. К наиболее существенным достоинствам электронных таблиц для научных исследований следует отнести широкие возможности математического, статистического и графического анализа данных, эффективное моделирование проблем типа «что будет, если», а также возможность разработки собственных приложений на языке программирования высокого уровня Visual Basic for Application (VBA).

В частности, в меню Excel 2013 появилась вкладка «Разработчик», в которой и находится кнопка создания приложений на языке VBA. Если при запуске электронных таблиц вкладка «Разработчик» не отображается, необходимо добавить ее в меню посредством выполнения команд: Файл/Параметры/Настроить ленту. Затем методика разработки приложения практически ничем не отличается от предыдущей версии. Чтобы создать функцию пользователя необходимо использовать пункты меню Insert/Module и в открывшемся окне набрать текст. Например, для создания трапециевидной функции принадлежности, часто появляющейся в теории нечетких множеств, необходимо набрать следующий код:

```
Function Trap(x, a, b, c, d)
  If (x >= a) And (x < b) Then
    Trap = (x - a)/(b - a)
  Else
    If (x >= b) And (x < c) Then
```

```

Trap = 1
Else
If (x >= c) And (x < d) Then
    Trap = (c - x)/(d - c)
    Else
    Trap = 0
    End If
End If
End If
End Function

```

Чтобы воспользоваться разработанной функцией, необходимо при вставке функции выбрать тип Определенные пользователем. При сохранении файла нужно выбрать тип файла: Книга Excel с поддержкой макросов. При вызове описанной выше функции появляется окно, в которое необходимо ввести ее параметры.

График трапеции показан на рис. 1, где выделены точки, x-координаты которых соответствуют параметрам трапеции **a**, **b**, **c**, **d**. В данном случае **a** = 300, **b** = 500, **c** = **d** = 700.

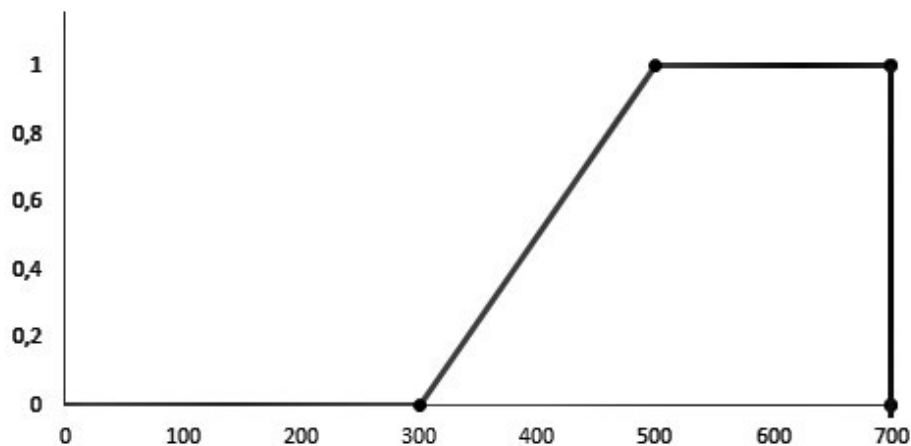


Рис. 1. Пример трапецевидной функции принадлежности

Рассмотрим два примера разработки приложений для проведения вычислений на основе формализма нечеткой логики по следующему алгоритму:

1) определяется система показателей и нечетких переменных, описывающих исследуемый процесс, и формируется соответствующее каждому показателю терм-множество значений;

2) для каждого показателя определяется уровень значимости; если все показатели считаются равнозначными, уровень значимости каждого показателя равен $1/N$, где N – число показателей;

3) задаются текущие значения всех показателей и определяются соответствующие им значения функций принадлежности μ_{ij} , где $i = 1, \dots, N$; $j = 1, \dots, m$; N – число показателей; m – число уровней классификатора;

4) строится классификация результирующего показателя g и вычисляется его значение по формуле:

$$g = \sum_{j=1}^m g_j \sum_{i=1}^N r_i \lambda_{ij}.$$

Здесь r_i – уровень значимости i -го показателя, а $g_j = 0.9 - 0.2(j - 1)$.

Поскольку наиболее удобным является табличный способ ввода и визуализации вычислений, наиболее подходящим инструментом для вычислений мы считаем электронные таблицы Excel с определенной пользователем трапециевидной функцией принадлежности. Методика разработки приложений нечеткой логики в соответствии с приведенным алгоритмом подробно изложена в [1].

Оценка финансовой устойчивости предприятия

В современных условиях часто возникает необходимость провести комплексный анализ деятельности организации, включая анализ ее финансовой устойчивости. В частности, оценка риска банкротства предприятия существенна для банков при оценке его кредитоспособности. Как показано в [2], все существующие стандартные методики оценки финансовой устойчивости предприятия имеют существенные недостатки и плохо применимы в условиях российской действительности. Поэтому актуальной задачей является разработка и анализ новых подходов на основе экономико-математического моделирования (например, [3]).

Мы провели оценку риска банкротства одного из калужских предприятий на основе данных его балансовой отчетности, пользуясь предложенной в [3] вышеописанной методикой и сформированными там же параметрами трапециевидных функций принадлежности. В качестве показателей экономической деятельности предприятия мы использовали: коэффициент автономии (отношение собственного капитала к валюте баланса, переменная X_1); коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами (отношение чистого оборотного капитала к оборотным активам, переменная X_2); коэффициент промежуточной ликвидности (отношение суммы денежных средств и дебиторской задолженности к краткосрочным пассивам, переменная X_3); коэффициент абсолютной ликвидности (отношение суммы денежных средств к краткосрочным пассивам, переменная X_4); оборачиваемость всех активов в годовом исчислении (отношение выручки от реализации к средней за период стоимости активов, переменная X_5); рентабельность всего капитала (отношение чистой прибыли к средней за период стоимости активов, переменная X_6). Терм-множество значений уровня показателя: {«Очень низкий», «Низкий», «Средний», «Высокий», «Очень высокий»}, что соответствует значению $m = 5$.

Фрагмент вычислений показателя g в начале двух следующих друг за другом периодов (лет) приведен на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что произошло некоторое улучшение финансовой

устойчивости, но оно крайне незначительно. Аналогичные вычисления за три года показали, что в течение последних трех лет риск банкротства предприятия заметно снизился, хотя и остается достаточно высоким.

Оценка риска развития теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах

В настоящее время во многих приборах бытового и специального назначения (мобильные телефоны, резервные источники питания и т.п.) устанавливаются различные типы аккумуляторов. Поэтому крайне важно знать факторы, которые могут нарушить стабильную работу аккумуляторов, а следовательно, и всей системы. Одним из таких факторов может быть явление теплового разгона [4]. В результате теплового разгона происходит мощное выделение энергии, которое вызывает резкое повышение температуры внутри аккумулятора, что, в свою очередь, приводит к прогоранию сепаратора между пластинами и вскипанию электролита. Тепловой разгон неминуемо приводит к выходу системы из строя или сбоям в работе и, следовательно, является серьезным препятствием в работе очень большого числа современных приборов и систем.

Показатель	Текущ знач I	Текущ знач II									
X1	0,304	0,2867									
X2	0,086	0,2544									
X3	0,2859	0,3602									
X4	0,0008	0,0113									
X5	1,0059	1,0787									
X6	0,00065	0,00072									
Показатель	Значения в периоде I					Значения в периоде II					
	lam1	lam2	lam3	lam4	lam5	lam1	lam2	lam3	lam4	lam5	
X1	0	0	1	0	0	0	0,266	0,734	0	0	
X2	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
X3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
X4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
X5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
X6	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
j	gj	Sum(lam) в I	Sum(lam) в II	Степень риска банкротства							
1	0,9	2	2	Период I Период II							
2	0,7	2	1,266	g	0,633333 0,608867						
3	0,5	1	1,734								
4	0,3	0	0								
5	0,1	1	1								

Рис. 2. Фрагмент вычислений показателя финансовой устойчивости предприятия

Как отмечено в [4], тепловой разгон наблюдается в различных типах аккумуляторов: никель-кадмиевых, свинцово-кислотных, литиевых.

Причины теплового разгона в настоящее время неясны, в связи с чем практически отсутствуют попытки математического моделирования этого процесса, что не позволяет надежно предсказать его возникновение, или,

по крайней мере, оценить предрасположенность различных аккумуляторов к тепловому разгону. Однако известно, что это явление происходит, как правило, в аккумуляторах с большим сроком эксплуатации в условиях длительного перезаряда.

Из экспериментальных данных [4] можно сделать следующие выводы:

1. Явление теплового разгона является случайным и достаточно редким.

2. Во всех случаях наблюдения теплового разгона в [4] заряд аккумуляторов выполнялся при напряжениях 2,2 В, что значительно превышает среднее напряжение эксплуатации данных аккумуляторов на объекте 1,35–1,5 В. Таким образом, можно утверждать, что вероятность теплового разгона повышается с ростом напряжения заряда аккумуляторов.

3. Для начала теплового разгона важна общая масса аккумуляторов и общий ток заряда. Вероятность теплового разгона уменьшается с уменьшением емкости аккумулятора.

4. Тепловой разгон никогда не возникает в новых аккумуляторах или в аккумуляторах с небольшим сроком эксплуатации. В данных [4] во всех случаях теплового разгона аккумуляторы имели сроки эксплуатации больше пяти лет при гарантийном сроке службы в три года. Можно считать, что вероятность появления теплового разгона увеличивается с ростом срока эксплуатации аккумуляторов.

Для прогнозирования явления теплового разгона мы ввели следующие нечеткие переменные: «Высокая температура» (функция принадлежности (1)), «Высокое напряжение», «Большая емкость», «Большой срок эксплуатации». Для простоты мы пока не рассматривали другие терм-множества (например, включающие значения «Низкая температура», «Низкое напряжение» и т.п.).

Исходя из сделанных выше выводов, можно определить трапециевидные функции принадлежности переменных следующим образом:

- функция принадлежности переменной «Высокая температура» с параметрами [200; 400; 700; 700];
- функция принадлежности переменной «Высокое напряжение» с параметрами [2; 2,5; 4; 4];
- функция принадлежности переменной «Большая емкость» с параметрами [24; 48; 60; 60];
- функция принадлежности переменной «Срок эксплуатации» с параметрами [5; 8; 15; 15].

Параметр g вычисляется аналогично предыдущему пункту и оценивает степень риска развития теплового разгона.

Пример вычислений показан на рис. 3.

Показатель	Текущ. знач I	Текущ. знач II										Высокий			
T	200	200									Температура, T	a=	200		
U	2	3										b=	400		
Q	24	24										c=	700		
n	5	5										d=	700		
											Напряжение, U	a=	2		
												b=	2,5		
												c=	4		
												d=	4		
Показатель	Значения в периоде I				Значения в периоде II								Емкость, Q	a=	24
	lam1	lam2	lam3	lam4	lam1	lam2	lam3	lam4						b=	48
T	0				0									c=	60
U	0				1									d=	60
Q	0				0								Срок эксплуатации, n	a=	5
n	0				0									b=	8
														c=	15
														d=	15
J	gi	Sum(lam)	Sum(lam) в II	Степень риска теплового разгона											
1	0,9	0	1	Период I		Период II									
2	0,7	0	0	g	0,000000	0,225									
3	0,5	0	0												
4	0,3	0	0												

Рис. 3. Фрагмент вычислений риска теплового разгона в никель-кадмиевых аккумуляторах

Результаты вычислений, как видно из рис.3, подтверждают вывод, полученный в экспериментах [4], что в некоторых партиях аккумуляторов тепловой разгон не наблюдается при очень большом числе циклов (несколько тысяч). В другой же партии тех же самых аккумуляторов с тем же сроком эксплуатации тепловой разгон происходит довольно легко, если применять жесткие режимы заряда (т.е. вести заряд при больших напряжениях заряда). В наших вычислениях также на вероятность возникновения теплового разгона существенное влияние при прочих равных условиях оказывало значительное повышение температуры или емкости.

Литература

1. Семененко М.Г., Черняев С.И. Функции пользователя в Excel 2013: разработка приложений нечеткой логики// Успехи современного естествознания, 2014, №3, с. 114-117.
2. Сорокина И. Оценка вероятности банкротства предприятия-заемщика. URL: <http://bankir.ru/tehnologii/s/otsenka-veroyatnostibankrotstva-predpriyatiya-zaemshchika-10002719/> (дата обращения: 03.05.2014).
3. Недосекин А.О. Математические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис... докт. экон. наук. СПб., 2003. С. 61-68.
4. Галушкин Д.Н., Галушкин Н.Е., Язвинская Н.Н. Тепловой разгон в никель-кадмиевых аккумуляторах// Фундаментальные исследования, 2012, № 11-1, с. 116-119.

Шафран Ю.В.¹, Бутенко М.А.², Кузьмин Н.М.,³ Хоперсков А.В.⁴

¹ Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, аспирант кафедры информационных систем и компьютерного моделирования, yury.shafran@yandex.ru

² Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, старший преподаватель кафедры информационных систем и компьютерного моделирования, butenkoma@gmail.com

³ Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, доцент, к.ф.-м.н., доцент кафедры информационных систем и компьютерного моделирования, nmkuzmin@gmail.com

⁴ Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, профессор, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой информационных систем и компьютерного моделирования, ahoperskov@gmail.com

Программное обеспечение для оптимизации системы вентиляции крупных промышленных цехов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информационная модель, системы вентиляции, аспирационные течения, газодинамика, управление и оптимизация.

АННОТАЦИЯ

В работе обсуждаются возможности авторского научного программного обеспечения для решения задач оптимизации и управления системами вентиляции в крупных промышленных цехах на основе прямого газодинамического моделирования с применением параллельных технологий. Компьютерная модель учитывает различные режимы работы разнообразных вентиляционных и аспирационных устройств, металлургических печей и других источников тепла и воздуха. Предусмотрена возможность воздухообмена между помещением цеха и окружающей атмосферой. Программный комплекс предназначен для решения задачи оптимального размещения технических устройств, образующих вентиляционную систему, и управление ею. Оптимальное размещение вентиляционных устройств и эффективный режим их работы могут обеспечить наилучшие санитарно-гигиенические условия в рабочей зоне.

Введение

При построении системы вентиляции необходимо обеспечить соответствие определенным санитарным нормам большого набора параметров (поля температур и скоростей воздуха, его химический состав, фракционный состав аэрозолей, влажность). В реальных производственных помещениях имеется большое число разнообразных источников тепла, загрязняющих примесей, устройств воздухообмена. Возникает задача

проектирования и оптимизации системы вентиляции промышленных помещений с целью улучшения условий в рабочей зоне по температуре, подвижности воздуха, его химическому составу. Особую актуальность данная задача приобретает в случае крупных цехов, содержащих металлургические печи, прокатные станы, химическое производство. Решение этой задачи важно для химической, деревообрабатывающей, металлургической, цементной и многих других отраслей промышленности. Имеющиеся в настоящее время инструменты оптимизации основаны на простых инженерных расчётах [1], не способных адекватно описывать сложные динамические процессы и реальную геометрию помещений [2, 3, 4].

Решение описанной выше задачи представляется возможным при использовании численного газодинамического моделирования. Методы численного моделирования позволяют получать результаты точнее по сравнению с типовыми инженерными расчётами и дешевле по сравнению с натурными экспериментами. Математические модели и их компьютерная реализация для изучения течений воздуха с учётом переноса тепла и примесей внутри вентилируемых помещений на основе прямого газодинамического расчёта являются эффективным методом оптимизации и управления системами вентиляции [5, 6, 7, 8]. Предлагаемое программное обеспечение может использоваться для широкого круга задач управления микроклиматом в офисных и жилых зданиях, медицинских учреждениях с высокими требованиями к качеству воздуха и температурному режиму. Результаты вычислений позволяют получить достаточно полную и наглядную картину распределения параметров газа, в том числе, и загрязняющих примесей. Выполненные с помощью данного программного комплекса расчёты, в отличие от традиционно применяемых инженерных методик, основанных на интегральных оценках и полуэмпирических формулах, позволяют проанализировать работу сложных систем вентиляции и кондиционирования в трёхмерной постановке.

Информационная модель

При проектировании программного комплекса использовались модульный подход и объектно-ориентированное программирование. Программный комплекс состоит из девяти основных модулей и блоков, подробное описание которых приведено в работе [9]. Здесь опишем только логику работы расчётного модуля нашего программного комплекса (рис. 1).

Расчётный модуль состоит из двух блоков: блока управления и вычислительного блока. Блок управления ответственен за задание начальных условий, расположение источников тепла, загрязнений и воздуха. С одной стороны, в нём учитываются возможность тепло- и массообмена с окружающей атмосферой и характеристики вентиляционных и аспирационных устройств. С другой стороны, в этом же блоке учитываются факторы, связанные с геометрией задачи: граничные условия, геометрическая форма производственного помещения,

расположение в нём различных технологических устройств и их возможные перемещения. Здесь же реализовано построение расчётных сеток.

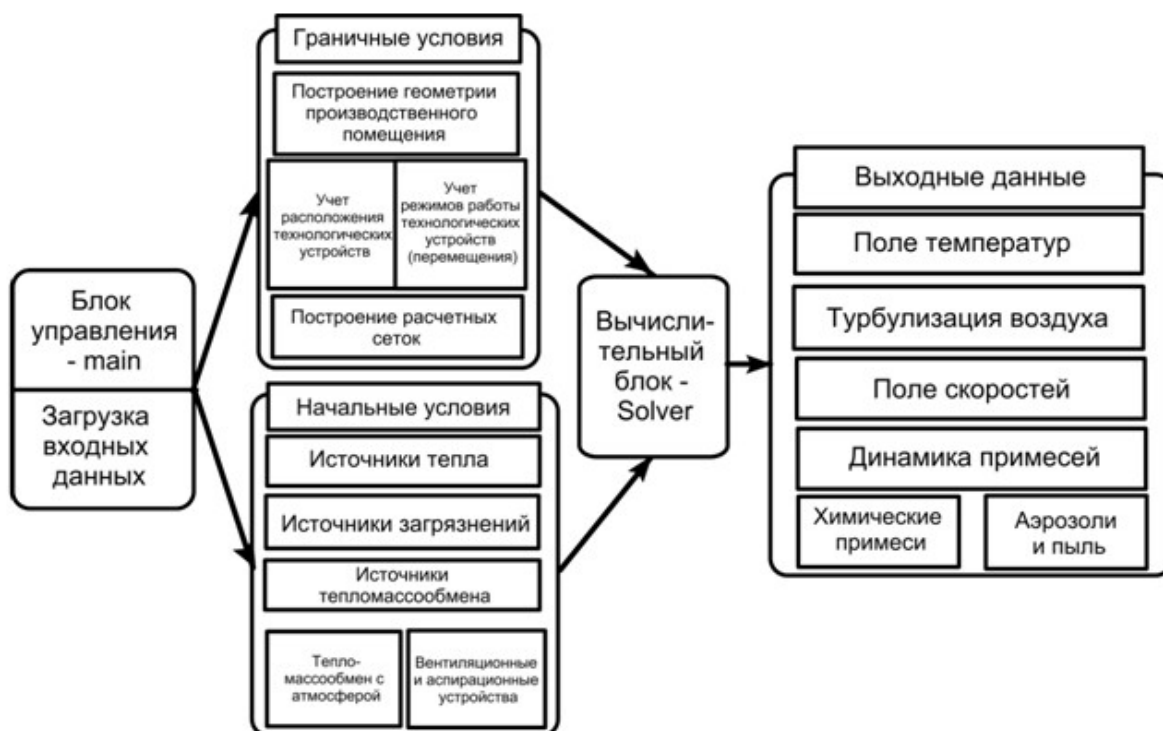


Рис.1. Диаграмма, описывающая принцип работы расчётного модуля

Вычислительный блок обеспечивает прямое численное интегрирование уравнений нестационарной газодинамики с учётом источников тепла, загрязнений и воздуха. Реализованная в нём численная схема описана ниже. Она достаточно эффективна для данного класса задач и хорошо поддаётся распараллеливанию. На выходе расчётный блок выдаёт результаты в виде пространственного распределения газодинамических параметров, таких как температура, плотность воздуха, поле векторов скоростей, распределение химических примесей и т.п.

Отметим ключевые особенности разработанного программного комплекса:

1. Расчётный модуль можно запускать отдельно на любом локальном компьютере при наличии непосредственного физического или удалённого доступа;
2. Количество расчётов для отдельно взятой машины ограничено только системными ресурсами;
3. Возможность работать с изменяющимися во времени трёхмерными данными аналогично 4D-подходу, рассмотренному в работе [10].

Математическая модель

В основе математической модели лежит использование полной системы уравнений динамики сжимаемого вязкого газа с учётом силы тяжести. Используемые уравнения могут быть представлены в виде:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}(\mathbf{U})}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}(\mathbf{U})}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{H}(\mathbf{U})}{\partial z} = \sum_k \frac{\partial \mathbf{D}_k(\mathbf{U})}{\partial k} + \mathbf{S}(\mathbf{U}), \quad (1)$$

где x, y и z – оси координат в декартовой системе, $k \in \{x, y, z\}$ и

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} \rho \\ \rho v_x \\ \rho v_y \\ \rho v_z \\ E \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где ρ – плотность, v_x, v_y и v_z – компоненты скорости воздушного потока и E – полная энергия единицы объёма. Операторы $\mathbf{F}(\mathbf{U})$, $\mathbf{G}(\mathbf{U})$, $\mathbf{H}(\mathbf{U})$, $\mathbf{D}(\mathbf{U})$ и $\mathbf{S}(\mathbf{U})$ в уравнении (1) задаются векторами

$$\mathbf{F}(\mathbf{U}) = \begin{pmatrix} \rho v_x \\ \rho v_x^2 + p \\ \rho v_y v_x \\ \rho v_z v_x \\ v_x(E + p) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{G}(\mathbf{U}) = \begin{pmatrix} \rho v_y \\ \rho v_x v_y \\ \rho v_y^2 + p \\ \rho v_z v_y \\ v_y(E + p) \end{pmatrix}, \quad \mathbf{H}(\mathbf{U}) = \begin{pmatrix} \rho v_z \\ \rho v_x v_z \\ \rho v_y v_z \\ \rho v_z^2 + p \\ v_z(E + p) \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$\mathbf{D}_k(\mathbf{U}) = \begin{pmatrix} 0 \\ \tau_{kx} \\ \tau_{ky} \\ \tau_{kz} \\ v_x \tau_{kx} + v_y \tau_{ky} + v_z \tau_{kz} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{S}(\mathbf{U}) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \rho g \\ \rho v_z g \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где p – давление, g – модуль ускорения свободного падения и τ_{ij} – элементы тензора вязких напряжений:

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} \frac{2}{3}\eta \left(2\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} - \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) & \eta \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) & \eta \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \\ \eta \left(\frac{\partial v_y}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) & \frac{2}{3}\eta \left(2\frac{\partial v_y}{\partial y} - \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) & \eta \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right) \\ \eta \left(\frac{\partial v_z}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) & \eta \left(\frac{\partial v_z}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) & \frac{2}{3}\eta \left(2\frac{\partial v_z}{\partial z} - \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) \end{bmatrix} \quad (5)$$

η – коэффициент сдвиговой вязкости.

Для замыкания системы уравнений используется уравнение состояния идеального газа в виде

$$\xi = \frac{p}{\rho(\gamma - 1)}, \quad (6)$$

где ξ – внутренняя энергия и γ – показатель адиабаты. Используя уравнение (6), полную энергию E в уравнениях (2) и (3) можно записать следующим образом:

$$E = \frac{p}{(\gamma-1)} + \frac{\rho v^2}{2}. \quad (7)$$

Численная схема

Для упрощения расчёта система уравнений (1) с использованием техники расщепления по физическим процессам может быть разделена на две задачи [11]:

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}(\mathbf{U})}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{G}(\mathbf{U})}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{H}(\mathbf{U})}{\partial z} = 0 \quad (8)$$

и

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} = \sum_k \frac{\partial \mathbf{D}_k(\mathbf{U})}{\partial k} + \mathbf{S}(\mathbf{U}). \quad (9)$$

Покроем расчетную область регулярной сеткой, состоящей из прямоугольных ячеек. Тогда для решения системы уравнений (8) можно использовать численную схему MUSCL, имеющую второй порядок точности [12]. Для трёхмерного случая новые значения состояния могут быть вычислены следующим образом [11]

$$\mathbf{U}^{n+2} = \mathbf{F}^{\Delta t} \mathbf{G}^{\Delta t} \mathbf{H}^{\Delta t} \mathbf{H}^{\Delta t} \mathbf{G}^{\Delta t} \mathbf{F}^{\Delta t} (\mathbf{U}^n), \quad (10)$$

где \mathbf{U}^n – состояние на шаге n и Δt – шаг по времени, определяемый из стандартного для газодинамики условия Куранта-Фридрихса-Леви. Указанный в уравнении (10) порядок применения операторов по осям позволяет сохранить второй порядок точности при обобщении исходной одномерной численной схемы на многомерный случай.

В качестве примера промежуточного шага схемы MUSCL по одной из осей приведём формулы вычисления нового состояния по оси u :

$$\mathbf{U}_{i,j,k}^{n+1} = \mathbf{U}_{i,j,k}^n + \frac{\Delta t}{\Delta y} \left(\mathbf{G}_{i,j-\frac{1}{2},k} - \mathbf{G}_{i,j+\frac{1}{2},k} \right), \quad (11)$$

где Δy – размер ячейки по оси y , индексы i, j и k показывают номер ячейки в трёхмерной сетке и $\mathbf{G}_{i,j+\frac{1}{2},k}$ – потоки вещества, импульса и энергии между ячейками с индексами (i,j,k) и $(i,j+1,k)$, вычисленные посредством решения задачи Римана методом HLLC

$$\mathbf{G}_{i,j+\frac{1}{2},k} = \mathbf{G}_{HLLC} \left(\bar{\mathbf{U}}_{i,j,k}^R; \bar{\mathbf{U}}_{i,j+1,k}^L \right), \quad (12)$$

по приближённым значениям на границе двух ячеек. Эти значения вычисляются следующим образом:

$$\bar{\mathbf{U}}_{i,j,k}^R = \mathbf{U}_{i,j,k}^R + \frac{\Delta t}{2\Delta y} [\mathbf{G}(\mathbf{U}_{i,j,k}^L) - \mathbf{G}(\mathbf{U}_{i,j,k}^R)], \quad (13)$$

$$\bar{\mathbf{U}}_{i,j,k}^L = \mathbf{U}_{i,j,k}^L + \frac{\Delta t}{2\Delta y} [\mathbf{G}(\mathbf{U}_{i,j,k}^L) - \mathbf{G}(\mathbf{U}_{i,j,k}^R)], \quad (14)$$

$$\mathbf{U}_{i,j,k}^R = \mathbf{U}_{i,j,k} + \frac{\Delta_{i,j,k}}{2}, \quad (15)$$

$$\mathbf{U}_{i,j,k}^L = \mathbf{U}_{i,j,k} - \frac{\Delta_{i,j,k}}{2}, \quad (16)$$

где $\Delta_{i,j,k}$ – приближённая производная значений состояния для ячейки с индексами (i,j,k) , скорректированная ограничителем MINMOD

$$\Delta_{i,j,k} = \text{MINMOD}\left(\Delta_{i,j-\frac{1}{2},k}; \Delta_{i,j+\frac{1}{2},k}\right), \quad (17)$$

$$\Delta_{i,j+\frac{1}{2},k} = \mathbf{U}_{i,j+1,k}^n - \mathbf{U}_{i,j,k}^n, \quad (18)$$

$$\Delta_{i,j,k} = \begin{cases} \max\left[0; \min\left(\Delta_{i,j-\frac{1}{2},k}; \Delta_{i,j+\frac{1}{2},k}\right)\right], & \Delta_{i,j+\frac{1}{2},k} > 0 \\ \min\left[0; \max\left(\Delta_{i,j-\frac{1}{2},k}; \Delta_{i,j+\frac{1}{2},k}\right)\right], & \Delta_{i,j+\frac{1}{2},k} \leq 0 \end{cases}. \quad (19)$$

Для решения уравнения (9) используется схема Рунге-Кутты второго порядка [11]. При последовательном вычислении производных скоростей и элементов тензора вязких напряжений используются центральные разностные аппроксимации производных, например:

$$\left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}\right)_{i,j,k} = \frac{(\tau_{xy})_{i,j+\frac{1}{2},k} - (\tau_{xy})_{i,j-\frac{1}{2},k}}{\Delta y}, \quad (20)$$

$$\left(\frac{\partial v_x}{\partial y}\right)_{i,j+\frac{1}{2},k} = \frac{(v_x)_{i,j+1,k} - (v_x)_{i,j,k}}{\Delta y}. \quad (21)$$

Для обеспечения второго порядка точности по времени используется следующая последовательность при вычислении нового временного слоя:

$$\mathbf{U}^{n+2} = \mathbf{R}^{\frac{\Delta t}{2}} \mathbf{F}^{\Delta t} \mathbf{G}^{\Delta t} \mathbf{H}^{\Delta t} \mathbf{R}^{\frac{\Delta t}{2}} \mathbf{R}^{\frac{\Delta t}{2}} \mathbf{H}^{\Delta t} \mathbf{G}^{\Delta t} \mathbf{F}^{\Delta t} \mathbf{R}^{\frac{\Delta t}{2}} (\mathbf{U}^n), \quad (22)$$

где \mathbf{R} – решение уравнения (9) методом Рунге-Кутты.

Пример моделирования

При построении модели использовались параметры электросталеплавильного цеха №2 ВМЗ «Красный Октябрь» [13, 14]. В качестве примера рассмотрим конвективный столб, формирующийся от печи ДСП-200. Для очистки воздуха и улучшения температурного режима в рабочей зоне рассмотрим различные режимы работы воздушного зонта (рис. 2), который вытягивает воздух. Для отсечения горячего конвективного воздушного столба рассмотрим аэратор, создающий горизонтальные воздушные потоки, обеспечивающие более эффективную работу зонта.

Сталеплавильная печь моделировалась цилиндром радиуса 5 м и высоты 4 м. Активная зона радиусом 1,1 м расположена на верхней поверхности. Температура активной зоны 1250°C, скорость восходящего воздушного потока 1 м/с. Граничные условия пассивной зоны соответствуют модели без скольжения: все компоненты скорости

воздушного потока равны нулю.

Активная зона аэратора состоит из трёх компонент: к центральной части высотой 0,5 м и шириной 3 м с обеих сторон примыкают боковые, высота и ширина которых равны 1,5 м.

Активная зона вытяжного зонта квадратной формы со стороной 4 м вытягивает воздух со скоростью 2,5 м/с. Пассивные части аэратора и вытяжного зонта моделируются аналогично пассивной зоне печи.

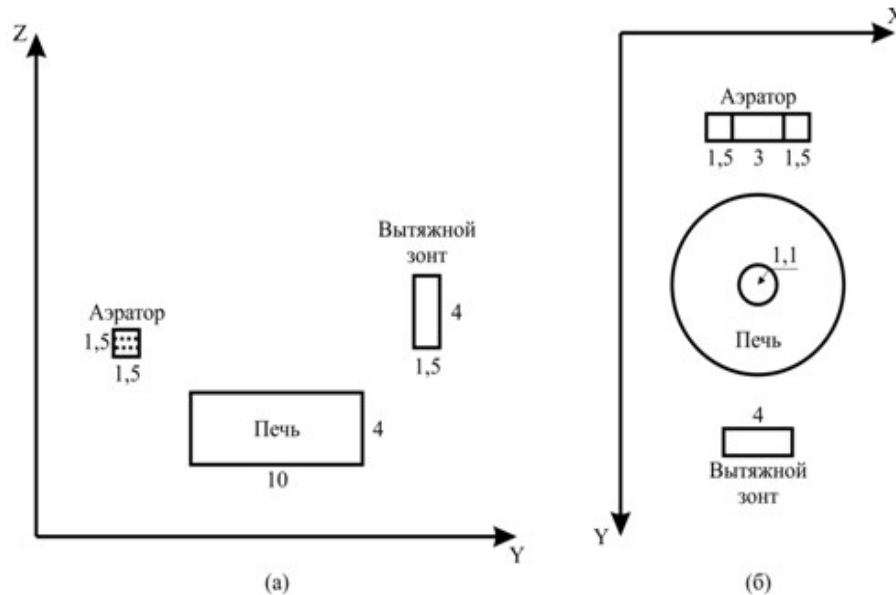


Рис. 2. Расположение объектов в расчётной области: (а) – в плоскости YZ; (б) – в плоскости XY. Числами обозначены соответствующие размеры в метрах

Эффективность работы воздушного зонта будет характеризоваться интегральной величиной внутренней энергии воздуха, отводимой вытяжным зонтом:

$$E = \sum_{i,j,k} [\xi_{i,j,k} v_n S_n], \quad (23)$$

где v_n – скорость потока, нормальная к активной поверхности вытяжного зонта и S_n – площадь сечения ячейки плоскостью, параллельной поверхности вытяжного зонта. Суммирование производится по расчётным ячейкам, граничащим с активной зоной вытяжного зонта. Энергия E сильно зависит от параметров остальных устройств.

В качестве примера, рассмотрим результаты расчётов для различных скоростей потока v_a , создаваемого аэратором: 2,5 м/с, 5 м/с и 10 м/с (рис. 3).

При малых скоростях влияние аэратора незначительно и мы имеем небольшое отклонение горячего столба воздуха в сторону зонта (рис. 4). С увеличением скорости v_a эффективность работы зонта растёт, поскольку увеличивается величина E вместе с перехватываемым горячим воздухом. Однако, с ростом v_a увеличиваются расходы на вентиляцию, и растёт подвижность воздуха в рабочей зоне, приводя к нарушениям санитарных норм. Эти требования (пунктирная линия на рис. 3) приводят к ограничениям на параметры вентиляционных устройств. Таким образом,

использование данного программного обеспечения помогает находить наиболее оптимальные режимы работы вентиляционных систем.

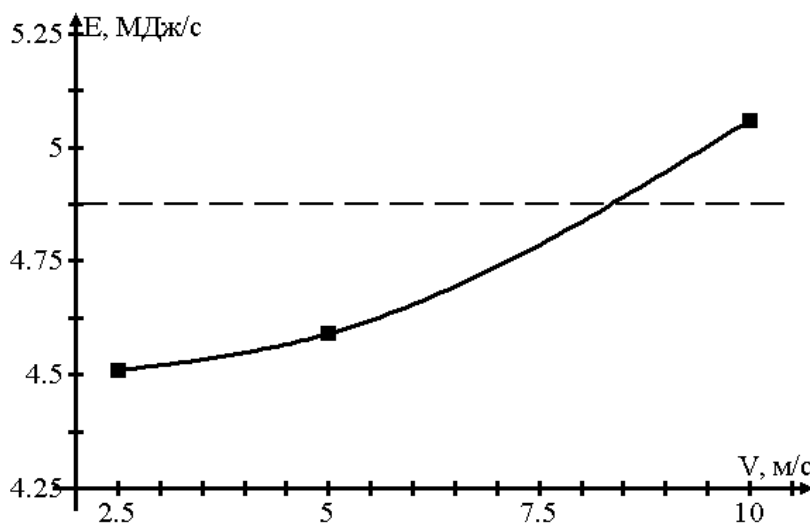


Рис. 3. Зависимость внутренней энергии, поглощаемой вытяжным зонтом в единицу времени от скорости потока, создаваемого аэратором

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 14-08-97044 р_поволжье_а).

Литература

1. Хрусталеv Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. – М.: АСВ, 2008. – 784с.
2. Хоперсков А.В., Азаров В.Н., Хоперсков С.А., Коротков Е.А., Жумалиев А.Г. Формирование нестационарных режимов при моделировании аспирационных течений: неустойчивость Кельвина-Гельмгольца // Вестник ВолГУ, Сер. 1: Математика. Физика. – 2011. – Т.14, №1. – С.151-155.
3. Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамические основы аспирации. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. – 659с.
4. Аверкова О.А., Логачев И.Н., Логачев К.И. Аэродинамика противопылевой вентиляции. – 2012. – 370с.
5. Raji A., Hasnaoui M., Bahlaoui A. Numerical study of natural convection dominated heat transfer in a ventilated cavity: Case of forced flow playing simultaneous assisting and opposing roles // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2008. – Vol.29. – Pp.1174-1181.
6. Zhao Y., Liu D., Tang G.-F. Multiple steady fluid flows in a slot-ventilated enclosure // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2008. – Vol.29. – Pp.1295-1308.
7. Conceição E.Z.E., Gomes J.M.M., Lúcio M.J.R. Numerical simulation in a complex topology building using HVAC systems equipped with PMV control // International Journal of Advanced Engineering Applications. – 2014. – Vol.7, Iss.4. – Pp.53-63.
8. Farea T., Ossen D., Alkaff S., Ghadikolaei F., Dodo Y. Numerical Simulation of Convective Natural Ventilation in a Light Well Connected to a Horizontal Void: Comparison of Various RANS-Based Turbulence Models // Journal of Basic and Applied Scientific Research. – 2014. – Vol. 4, Iss. 7. – Pp.218-230.
9. Бутенко М.А., Бурнос Д.В., Хоперсков С.А., Холодков В.С., Морозов А.Г. Информационная модель программного комплекса для оптимизации и управления системами вентиляции на основе прямого газодинамического моделирования // Вестник ВолГУ. Сер. 10: Инновационные технологии. – 2012. – №6. – С.31-37.
10. Храпов С.С., Кобелев И.А., Писарев А.В., Хоперсков А.В. 4D-модели в задачах экологического моделирования: проектирование информационной системы // Вестник ВолГУ. Сер. 10: Инновационные технологии. – 2011. – №5. – С.119-124.
11. Toro E.F. Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics. A Practical Introduction. –

1999. – 624р.

12. Berton C. Why the MUSCL-Hancock scheme is L1-stable // Numerische Mathematik. – 2006. – Vol.104. – Pp.27-46.
13. Хоперсков А.В., Шафран Ю.В., Бутенко М.А. Численное моделирование вентиляционных течений в промышленных помещениях // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – №2(6). – С.98-102.
14. Butenko M., Shafran Y., Khoperskov S., Kholodkov V., Khoperskov A. The optimization problem of the ventilation system for metallurgical plant // Applied Mechanics and Materials. – 2013. – Vol.379. – Pp.167-172.

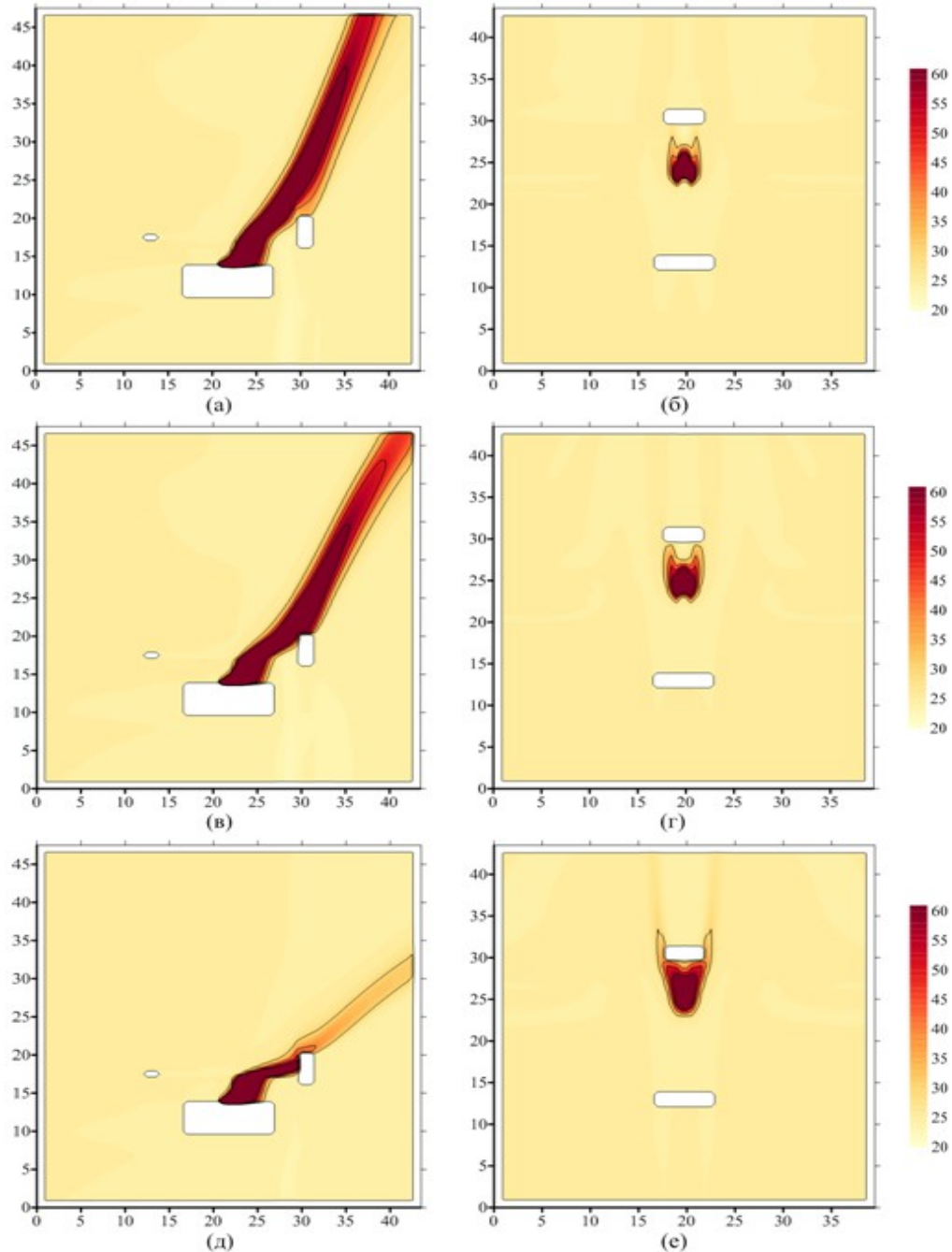


Рис. 4. Распределение температуры при разных скоростях потока азратора: (а) и (б) при 2,5 м/с, (в) и (г) при 5 м/с, (д) и (е) при 10 м/с; (а), (в) и (д) – в плоскости YZ, проходящей через центр печи, (б), (г) и (е) – в плоскости XY, проходящей через центр азратора

Ишакова Е.Н.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, к.п.н., доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем, en_ischa@mail.ru

Программная реализация факторного анализа образовательных рисков

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Образовательный риск, факторный анализ, программная система, математическая модель, алгоритм.

АННОТАЦИЯ

В статье предложена методика идентификации образовательных рисков на основе факторного анализа. Представлено математическое и алгоритмическое обеспечение программной системы факторного анализа образовательных рисков.

Современная образовательная деятельность обусловлена резким увеличением доли вероятностных представлений в педагогической науке, признающей стихийность и неопределенность важнейшими факторами формирования компетенций обучающихся. Поэтому особую актуальность получают исследования в области управления образовательными рисками (И.Г. Абрамова, М.В. Баташов, С.А. Белоусова, Ю.А. Зубок, О.Г. Кокорева, Т.П. Костюкова, И.А. Лысенко, А.Е. Орёл, [П.Е. Щеглов](#), В.И. Чупров).

Задача управления образовательными рисками сводится к принятию и выполнению управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь в образовательной деятельности [2].

Эффективность управления рисками в целом определяется тем, насколько грамотно реализован начальный этап исследования - идентификация рисков. Чтобы уменьшить трудозатраты риск-менеджера на последующих этапах исследования целесообразно объединить различные неблагоприятные ситуации в группы риска по некоторому сходному признаку.

Эффективным способом выявления рисков является опрос экспертов - это первичный сбор данных для последующих этапов исследования. Описать результаты опроса экспертов всесторонне и в то же время компактно позволяет факторный анализ. Факторный анализ - это многомерный метод, который применяется для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и

случайной ошибки.

С помощью факторного анализа возможно выявить скрытые переменные факторы, которые отвечают за наличие линейных статистических корреляций между наблюдаемыми переменными.

Применение факторного анализа как инструмента педагогического исследования нацелено на:

- определение взаимосвязей между переменными (классификация переменных);
- сокращение числа переменных, необходимых для описания данных [1].

Практическое выполнение факторного анализа начинается с проверки условий его применимости. В нашем исследовании выполняются следующие условия факторного анализа:

- все признаки имеют количественные значения;
- количество респондентов в два раза больше количества позиций опроса;
- выборка является однородной;
- исходные переменные распределены симметрично;
- факторный анализ осуществляется по коррелирующим переменным.

Алгоритм факторного анализа включает следующую последовательность шагов.

Шаг 1. Исходная матрица имеет размерность $m \times n$, где m – количество признаков, а n – число исследуемых объектов. В задаче опроса экспертов признаками являются позиции опроса, а объектами – респонденты.

Шаг 2. Для выполнения алгоритма исходные данные приведены к стандартизованному виду:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{S_i}, \quad (1)$$

где x_{ij} – элемент матрицы исходных данных,
 \bar{x}_i – среднее значение i -ой строки матрицы,
 S_i – стандартное отклонение.

Шаг 3. Для вычисления матрицы парных корреляций используется соотношение:

$$R = \frac{1}{n-1} ZZ^T, \quad (2)$$

где Z^T – транспонированная матрица стандартизованных значений.

Значения матрицы R на главной диагонали равны 1. Эти значения, обозначаемые как h_i^2 и называемые общностями, являются мерой полной дисперсии переменной.

Шаг 4. Выполняется редуцирование корреляционной матрицы - процесс оценки общностей. Общность – это сумма квадратов факторных нагрузок (т.е. часть дисперсии, обусловленная общими факторами). В

методе главных факторов проведение редукции обязательно, в отличие от метода главных компонент. Оценку общностей можно выполнить несколькими способами:

- способом наибольшей корреляции;
- вычислением среднего по столбцу;
- методом триад;
- с помощью коэффициента множественной корреляции ($h_i^2 = 1 - \frac{1}{r_{ii}}$, где r_{ii} – диагональный элемент матрицы обратной для R).

Шаг 5. Решение проблемы собственных значений матрицы, записанной в общем виде следующим образом:

$$(R - \lambda_l I) = 0, \quad (3)$$

где $\lambda_l, l = 1, 2 \dots m$ – собственные значения матрицы R .

В нашем случае задача упрощается тем, что матрица R действительная и симметрическая, поэтому можем использовать разработанные эффективные и устойчивые алгоритмы, например, метод Якоби или QR-алгоритм.

Шаг 6. Приведение к стандартизованному виду собственных векторов, т.к. в зависимости от методов вычисления могут использоваться различные шкалы измерений:

$$V_j = \frac{\Lambda_j}{|\Lambda_j|} \quad (4)$$

Шаг 7. Построение матрицы факторного отображения по формуле:

$$A = V\lambda^{\frac{1}{2}}, \quad (5)$$

где $\lambda^{\frac{1}{2}}$ – матрица, на главной диагонали которой квадратные корни из значений собственных чисел.

Для упрощения интерпретации результатов желательно повернуть систему координат относительно ее начала и получить так называемую простую факторную структуру. Наиболее популярным методом вращения является метод варимакс (VARIMAX). На рисунке 1 приведен алгоритм VARIMAX-вращения матрицы факторных нагрузок.

Шаг 8. Вычисляем факторные нагрузки повернутых факторов X_j и Y_j по нормализованным факторным нагрузкам x_j и y_j параметра $z_j, j = 1 \dots n$ при данной паре факторов p и q :

$$(X_j, Y_j) = (x_j, y_j) \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix}, \quad (6)$$

где φ – угол вращения в плоскости факторов p и q .

Угол вращения находится из соотношения:

$$\operatorname{tg} 4\varphi = \frac{D - 2\frac{AB}{n}}{C - \frac{A^2 - B^2}{n}}, \quad (7)$$

где $A = \sum_{j=1}^n u_j, B = \sum_{j=1}^n v_j, C = \sum_{j=1}^n (u_j^2 - v_j^2), D = 2 \sum_{j=1}^n u_j v_j,$

$$u_j = x_j^2 - y_j^2, v_j = 2x_j y_j.$$

Итерационный процесс продолжается, пока не будет получена сходимость по варимакс-критерию Кайзера.

Шаг 9. Получаем значения главных компонент по каждому наблюдаемому объекту из матрицы F :

$$F = A^{-1}Z^T. \quad (8)$$

Для полученной матрицы проверяем условие: сумма элементов в строке равна 0. Чтобы провести объединение схожих признаков на основе данной матрицы факторных нагрузок, находим максимальные по модулю значения в строке. Фактор покрывает признаки с полученными максимальными значениями. Главным признаком выбираем признак с максимальным по модулю значением факторной нагрузки [3].

Процесс факторного анализа образовательных рисков достаточно трудоемкий, поэтому его целесообразно автоматизировать. Существующие на рынке программные продукты в области риск-менеджмента (@RiskProfessionalforProject, Dekker TRAKKER, Enterpriseproject, ER Project 1000, IntelligentPlanner, Mesa/VistaRiskManager, RiskTrack, OpenPlan) обладают широким функционалом. Однако они в должной степени не автоматизируют начальный этап исследования – идентификацию рисков, эта функция, в основном, возлагается на пользователя.

Таким образом, было принято решение разработать программную систему автоматизации факторного анализа образовательных рисков. Программная система предназначена для сбора информации, необходимой на этапе идентификации риска, и подготовки данных в виде, удобном для последующих этапов управления рисками. На основе опроса экспертов программная система выделяет основные группы образовательных рисков, что позволяет риск-менеджерам принимать взвешенные управленческие решения.

В качестве инструментальных средств разработки выбрана кроссплатформенная СУБД MySQL и среда разработки Eclipse, распространяющаяся по свободной лицензии.

Входными данными программной системы являются набор вопросов, предъявляемый экспертам в области педагогической рискологии, а также их ответы в виде числовой оценки опасности конкретного вида риска в образовательной деятельности.

Выходными данными являются отчеты по сформированным группам образовательных рисков, а также статистические данные работы системы.

Схема потоков данных процесса факторного анализа образовательных рисков в нотации DFD показана на рисунке 2.

Программная система предоставляет совокупность средств для решения следующих задач: подготовки анкеты; проведения опроса экспертов; регистрации пользователей; анализа полученных ответов и формирования групп рисков; наглядного отображения результатов.

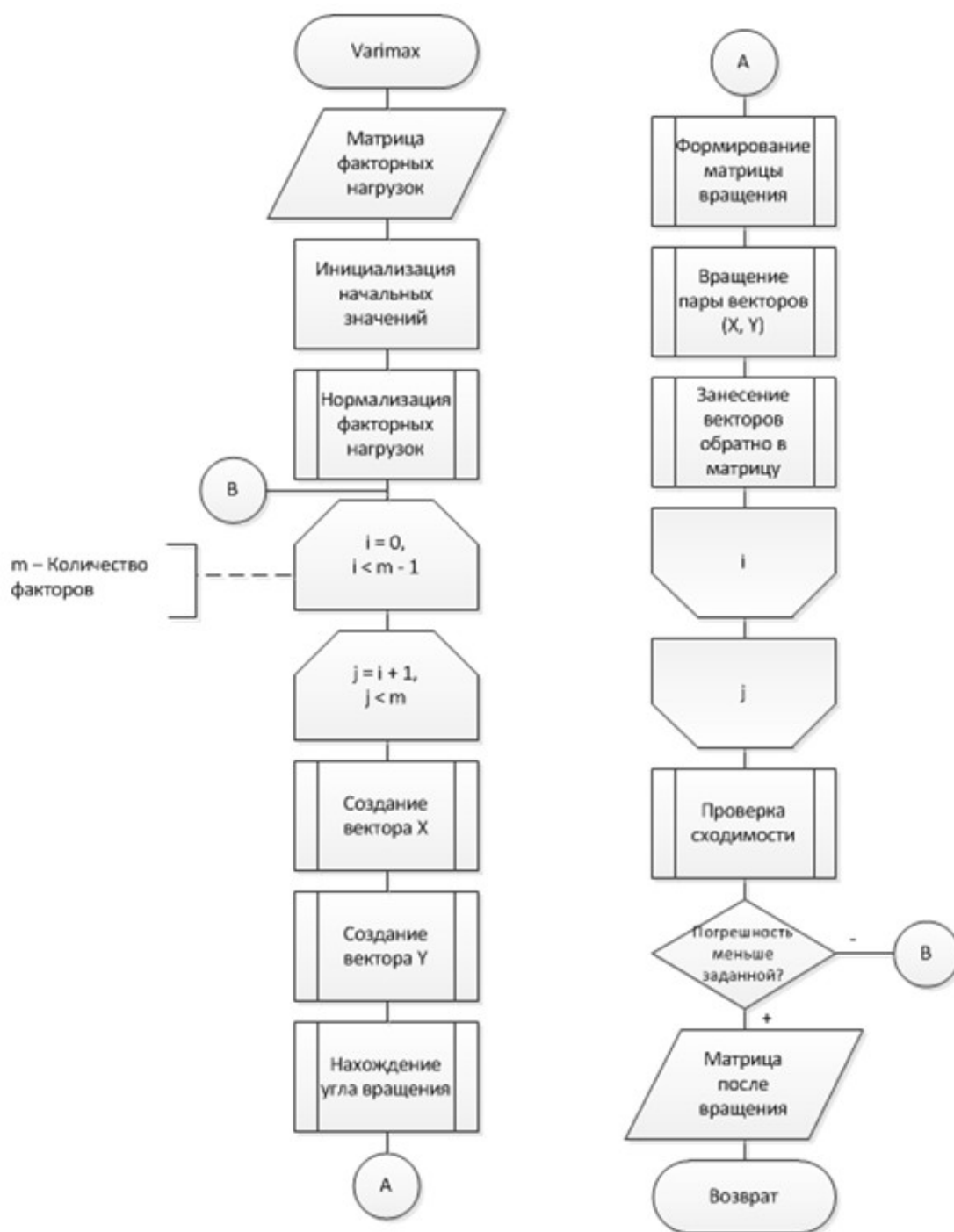


Рис.1. Схема алгоритма VARIMAX-вращения матрицы факторных нагрузок

Фрагмент результата факторного анализа образовательных рисков на примере риска недостатка квалифицированных педагогических кадров, полученного в программной системе, показан на рисунке 3.

Таким образом, внедрение разработанной программной системы в образовательную деятельность значительно уменьшит затраты труда риск-менеджера, повысит эффективность принимаемых управленческих решений, позволит привлекать к исследованию удаленных экспертов через Интернет, что, в конечном счете, будет способствовать минимизации

образовательных рисков.

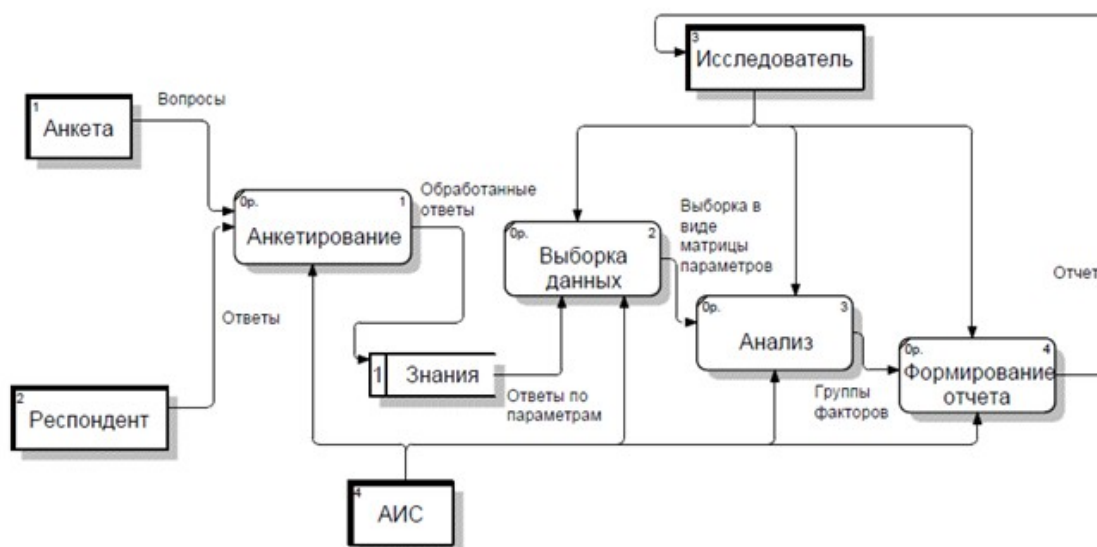


Рис.2. Схема потоков данных в нотации DFD

Группа	Параметры	Главный параметр	Факторная нагрузка
F1	Соответствие базового образования преподаваемым дисциплинам	Владение предметом	0.8922
	Стаж работы		
	Организаторские способности		
	Владение предметом		
F2	Наличие ученой степени	Наличие ученой степени	0.94767
	Владение педагогическими технологиями		
	Повышение квалификации		
F3	Ведение научной работы	Возраст	0.91499
	Возраст		

Рис.3. Фрагмент результата факторного анализа риска недостатка квалифицированных педагогических кадров

Литература

1. Баранов, В.В. Факторный анализ как инструмент педагогического знания о саморазвитии студента университетского комплекса / В.В. Баранов, И.Д. Белоновская, В.И. Чепасов // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2012. - №2. - С. 145-148.
2. Ишакова, Е.Н. Методические основы идентификации и анализа рисков подготовки будущих программных инженеров / Е.Н. Ишакова, Ж.Г. Пискунова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2012. - №2. - С. 142-145.
3. Ким, Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, УР. Клекка. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 215 с.

**СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ
И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Бочаров М.И.¹, Симонова И.В.²

¹ ГБОУ ВПО МГПУ, г. Москва, к.п.н., доцент, mi1@mail.ru

² РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, д.п.н., профессор, ir_1@mail.ru

Анализ методического обеспечения информационной безопасности развивающейся личности в условиях глобальной массовой коммуникации современного общества

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информационная безопасность личности, содержание школьного образования, методика преподавания информатики, информатизация образования, непрерывное образование.

АННОТАЦИЯ

В статье представлен анализ соответствия содержания имеющегося учебно-методического обеспечения школьников основной и старшей школы по вопросам информационной безопасности требованиям государственных стандартов обучения, примерной основной образовательной программе образовательного учреждения и примерной программе по предмету «Информатика».

Современное состояние научных исследований в области обеспечения информационной безопасности личности характеризуется широким спектром исследований, охватывающим различные области научного познания: технические науки (безопасность использования информационных и коммуникационных технологий и аппаратно-программных систем, физические основы обеспечения), гуманитарные науки (средства массовой информации), военное дело (информационные войны), духовная сфера (вовлечение в религиозные сектантские организации посредством сети Интернет), психология (информационно-психологическая безопасность личности), медицина (игровая и интернет-зависимость), финансово-хозяйственная деятельность (безопасность электронных расчетно-кассовых операций), право (аспекты обеспечения информационной безопасности) [1].

Выполним анализ соответствия содержания имеющегося учебного обеспечения школьников основной и старшей школы по вопросам информационной безопасности требованиям государственных стандартов обучения, примерной основной образовательной программе образовательного учреждения, примерной программе по предмету «Информатика» для соответствующих возрастных уровней.

Выделим требования стандартов для основной по вопросам обучения в области информационной безопасности. Предметные результаты изучения предметной области «Математика и информатика» должны отражать: формирование навыков и умений безопасного и целесообразного поведения при работе с компьютерными программами и в Интернете, умения соблюдать нормы информационной этики и права. Программа развития универсальных учебных действий (программа формирования общеучебных умений и навыков) на ступени основного общего образования (далее – Программа) должна быть направлена на формирование и развитие компетенции обучающихся в области использования информационно-коммуникационных технологий на уровне общего пользования, включая владение основами информационной безопасности, умением безопасного использования средств информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) и сети Интернет.

Выделим требования стандартов для старшей школы по вопросам обучения в области информационной безопасности. Базовый уровень подразумевает, что метапредметные результаты освоения основной образовательной программы должны отражать: *умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее – ИКТ) в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований правовых и этических норм, норм информационной безопасности.* Изучение предметной области «Математика и информатика» должно обеспечить: *принятие этических аспектов информационных технологий; осознание ответственности людей, вовлечённых в создание и использование информационных систем, распространение информации.* «Информатика» (базовый уровень) – требования к предметным результатам освоения базового курса информатики должны отражать: *сформированность понимания основ правовых аспектов использования компьютерных программ и работы в Интернете.* Профильный уровень подразумевает, что метапредметные результаты освоения основной образовательной программы должны отражать: *умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее – ИКТ) в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований правовых и этических норм, норм информационной безопасности.* Изучение предметной области «Математика и информатика» должно обеспечить: *принятие этических аспектов информационных технологий; осознание ответственности людей, вовлечённых в создание и использование информационных систем, распространение информации.* «Информатика» (углубленный уровень) – требования к предметным результатам освоения углубленного курса информатики должны включать требования к результатам освоения базового курса и дополнительно отражать *сформированность знаний базовых принципов норм информационной этики*

и права, принципов обеспечения информационной безопасности, способов и средств обеспечения надёжного функционирования средств ИКТ.

В междисциплинарной учебной программе «Формирование ИКТ-компетентности обучающихся» в разделе «Коммуникация и социальное взаимодействие» указано, что выпускник научится: *«соблюдать нормы информационной культуры, этики и права; с уважением относиться к частной информации и информационным правам других людей»* [23, с. 39].

В планируемых результатах освоения учебных и междисциплинарных программ по предмету «Информатика» указано, что в разделе «Информация и способы её представления» выпускник научится: *использовать термины «информация», «сообщение», «данные», «кодирование»; кодировать и декодировать тексты при известной кодовой таблице.* В разделе «Работа в информационном пространстве» выпускник научится: *организации своего личного пространства данных с использованием индивидуальных накопителей данных, интернет-сервисов и т. п.; основам соблюдения норм информационной этики и права.* Выпускник получит возможность: *познакомиться с постановкой вопроса о том, насколько достоверна полученная информация, подкреплена ли она доказательствами; познакомиться с возможными подходами к оценке достоверности информации (оценка надёжности источника, сравнение данных из разных источников и в разные моменты времени и т. п.); узнать о том, что в сфере информатики и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) существуют международные и национальные стандарты.*

В «содержательном разделе» в параграфе «Основное содержание учебных предметов на ступени основного общего образования» по предмету «информатика» в разделе «Информация и способы её представления» указаны темы: *Кодирование текстов. Кодовая таблица. Представление текстов в компьютерах. Все данные в компьютере — тексты в двоичном алфавите.* В разделе «Использование программных систем и сервисов» указаны темы: *Компьютерные вирусы. Антивирусная профилактика.*

В разделе «Работа в информационном пространстве» указаны темы *«Роль информации и ИКТ в жизни человека и общества. Постановка вопроса о достоверности полученной информации, о её подкреплённости доказательствами. Знакомство с возможными подходами к оценке достоверности информации (оценка надёжности источника, сравнение данных из разных источников и в разные моменты времени и т. п.). Личная информация. Основные средства защиты личной информации, предусмотренные компьютерными технологиями. Организация личного информационного пространства. Стандарты в сфере информатики и ИКТ. Право в информационной сфере. Базовые представления о правовых аспектах использования компьютерных программ и работы в сети Интернет».*

В разделе «Использование программных систем и интернет-сервисов» примерной программа по предмету «Информатика» [24] указаны темы: *Компьютерные вирусы и другие вредоносные программы; Защита от*

вирусов и других вредоносных программ.

В разделе «Работа в информационном пространстве» указаны темы:

Приемы, повышающие безопасность работы в Интернете. Проблема подлинности полученной информации. Электронная подпись, сертифицированные сайты и документы. Методы индивидуального и коллективного размещения новой информации в Интернете.

Гигиенические, эргономические и технические условия эксплуатации средств ИКТ. Экономические, правовые и этические аспекты их использования. Личная информация, средства ее защиты. Организация личного информационного пространства.

В разделе «Планируемые результаты» примерной программы по предмету информатика указано, что в результате освоения курса информатики в основной школе учащиеся получают представление: *о существовании вредоносного программного обеспечения и средствах защиты от него, о необходимости стандартизации в сфере информационно-коммуникационных технологий; о мировых сетях распространения и обмена информацией, о юридических и этических аспектах работы в этих сетях (интеллектуальная собственность, авторское право, защита персональных данных, спам и др.). У выпускников будут сформированы: представления о необходимости учёта юридических аспектов использования ИКТ, о нормах информационной этики.*

В разделе «Работа в информационном пространстве» выпускник научится (как результат работы в данном курсе и во всем образовательном процессе): *основам соблюдения норм информационной этики и права. Выпускник получит возможность: познакомиться с постановкой вопроса о том, насколько достоверна полученная информация, подкреплена ли она доказательствами подлинности (пример: наличие электронной подписи); познакомиться с возможными подходами к оценке достоверности информации (пример: сравнение данных из разных источников); узнать о том, что в сфере информатики и информационно-компьютерных технологий (ИКТ) существуют международные и национальные стандарты.*

Анализ содержания учебников на предмет отражения в них требований стандартов и примерных программ в области обучения вопросам информационной безопасности учащихся основной и старшей школы показал, что авторы включают практически все понятия стандарта в содержание учебников. Однако многими авторами понятие «информационная безопасность» явно не вводится, несмотря на то, что оно указано как в требованиях стандартов и основной, и старшей школы.

Анализ показал, что авторы учебников по информатике предпочитают использовать концентрический принцип в преподавании разделов, относящихся к данной проблематике, часто повторяя содержание по данному разделу в неизменном виде как в основной школе, так и в старшей. Приведем примеры, подтверждающие использования такого

подхода в школьных учебниках по информатике. Содержание параграфа 35 «Этика интернета. Безопасность в Интернете» учебника Гейн А. Г. Информатика и информационные технологии. 9 класс [2, стр. 175-178] практически полностью повторяется в параграфе 44 с таким же названием «Этика интернета. Безопасность в Интернете» в учебнике Гейн А. Г. Информатика и ИКТ. 11 класс [3, стр. 185-188]. Содержание параграфа 36 «Защита информации» учебника за 9 класс [2, стр. 179-188] с незначительными изменениями и сокращениями (исключено описание шифрования и дешифрования) повторяется в параграфе 46 с таким же названием «Защита информации» в учебнике за 11 класс [3, стр. 190-196].

Содержание Раздела «Защита информации» учебника Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ: учебник для 8 класса [4] повторяется с незначительными изменениями в разделе «Защита от несанкционированного доступа к информации» в учебнике Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Базовый уровень: учебник для 10 класса (5). Раздел «Защита информации от вредоносных программ» учебника Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Профильный уровень: учебник для 10 класса (6) во многом повторяется в разделе «Защита от вредоносных программ» учебника Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Базовый уровень: учебник для 11 класса (7).

Некоторые авторы учебников, приводя конкретные примеры, не дают определения основным понятиям по ИБ, ограничиваются приведением примеров и отсылают учащегося к интернет-источникам, часто не рассчитанным на детскую аудиторию. Например, в учебнике Соловьевой Л. Ф. Информатика и ИКТ. Учебник для 8 класса [8]. Приводятся следующие рекомендации по работе с основными понятиями в области ИБ: «Основные понятия и термины, используемые в сфере информационной безопасности при работе в Интернете, можно найти, например, в справочной системе обозревателя Internet Explorer». «В Интернете нет недостатка в сведениях, касающихся информационной безопасности при работе в сети. На сайте <http://www.securitylab.ru>, например, можно найти подробный обзор существующих угроз и дополнительных средств обеспечения информационной безопасности». «Пользуясь справочной службой операционной системы Windows, можно найти необходимые для обеспечения информационной безопасности сведения». На наш взгляд, это не позволяет сформировать системные знания учащихся о данной предметной области. В учебнике Фиошина М. Е. Информатика и ИКТ. 10—11 кл. Профильный уровень. В 2 ч. Ч. 1: 10 кл. [9] дается ссылка на международный стандарт и только перечисляются важные понятия в области информационной безопасности. «В международном стандарте *ISO/IEC 17799:2000* «Управление информационной безопасностью — Информационные технологии» рассматриваются актуальные вопросы обеспечения безопасности организаций и предприятий с точки зрения необходимости обеспечения информационной безопасности, основных

понятий и определений ИБ, политики ИБ компании, организации ИБ на предприятии и др.»

Примером систематизации понятий отдельных тем по ИБ может служить материал 12-го параграфа 2-й главы «Информационные процессы и системы» учебника Семакина И. Г. Информатика и ИКТ. Базовый уровень: учебник для 10-11 классов [10 стр. 60-66]. Авторами систематизированы основные понятия в области защиты цифровой информации и представлены в виде иерархической схемы под названием «Система основных понятий».

Понятие «фишинг» встречается только в учебнике Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Профильный уровень: учебник для 10 класса [6], а понятия «троллинг» и «кибербуллинг» в учебниках не приводятся. Мы считаем, что в содержание раздела информационной этики и в умения безопасно использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее – ИКТ) и особенно сети Интернет необходимо добавить такие важные понятия, как фишинг, троллинг и кибербуллинг.

В учебниках практически не раскрыты проблемы кибераддикции (зависимости от компьютерных игр) и зависимости от социальных сетей. Так, в учебнике Информатика и ИКТ. 11 класс. Базовый уровень / Под ред. проф. Н. В. Макаровой [11] приводится только положительная роль «электронных игрушек» в процессе формирования информационной культуры «Для активной и плодотворной жизни в информационном обществе необходимо начинать приобщаться к информационной культуре с детства, сначала с помощью электронных игрушек, а затем привлекая персональный компьютер и изучая современные информационные технологии». Аналогичная ситуация складывается с раскрытием возможного негативного воздействия электронных средств массовой информации на пользователя, например, в учебнике Соловьева Л. Ф. Информатика и ИКТ. Учебник для 8 класса [8] упоминается только об их положительной роли «Электронные средства массовой информации (СМИ) — удобное средство получения оперативной информации», «Электронная версия газеты позволяет не только прочитать свежий выпуск, написать и отправить в редакцию отзыв о прочитанном, но и получить доступ к архиву выпусков журнала или газеты». Об анализе надежности источников информации и достоверности возможных комментариев к публикуемым материалам, о возможном негативном воздействии рекламы практически ничего не сказано. Мы считаем, что в содержании школьных учебников информатики проблемам зависимости в информационном обществе и их профилактике необходимо уделять значительное внимание, приводить практические рекомендации по снижению зависимости от пагубного влияния электронных средств массовой информации и рекламы.

Анализ научно-педагогических исследований в области информационной безопасности показал, что основная часть современных разработок сосредоточена на защите детей от негативной информации,

распространяемой средствами массовой информации и посредством сети Интернет [12; 13; 14]. Проводятся исследования, развивающие у детей младшего возраста способность к анализу, критическому восприятию некоторых видов информации [15; 16]. Существуют и методики обучения школьников основам криптографии. Формируются указания для подростков по безопасной работе в сети Интернет [17; 18]. Разрабатываются рекомендации для родителей по обеспечению информационной безопасности школьника вне образовательного учреждения [19; 20; 21, 22]. В современных учебниках по информатике появляются разделы, связанные с обеспечением информационной безопасности. Авторы учебников, как правило, преподносят эту тему в той или иной узкой интерпретации, связанной либо со средствами антивирусной защиты, либо защиты информации программными программно-аппаратными средствами.

Литература

1. Бочаров М.И. Анализ современного состояния системы обучения информационной безопасности в непрерывном образовании // Национальная безопасность. 2012. № 1 (18). С. 120-132.
2. Гейн А. Г. Информатика и информационные технологии. 9 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений / А. Г. Гейн, А. И. Сенокосов. — М.: Просвещение, 2010. — 336 с.
3. Гейн А. Г. Информатика и ИКТ. 11 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений : базовый и профил. уровни / А. Г. Гейн, А. И. Сенокосов. — М. : Просвещение, 2012. — 336 с.
4. Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ: учебник для 8 класса / Н. Д. Угринович. — 2-е изд., испр. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 178 с.
5. Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Базовый уровень : учебник для 10 класса / Н. Д. Угринович. — 4-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 212 с.
6. Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Профильный уровень: учебник для 10 класса / Н. Д. Угринович. — 3-е изд., испр. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 387 с.
7. Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ. Базовый уровень: учебник для 11 класса / Н. Д. Угринович. — 2-е изд., испр. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 187 с.
8. Соловьева Л. Ф. Информатика и ИКТ. Учебник для 8 класса. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 288 с.: ил. + 2DVD.
9. Фиошин, М. Е. Информатика и ИКТ. 10—11 кл. Профильный уровень. В 2 ч. Ч. 1 : 10 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / М. Е. Фиошин, А. А. Рессин, С. М. Юнусов. — 2-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2009. — 255 с.
10. Семакин И. Г. Информатика и ИКТ. Базовый уровень: учебник для 10-11 классов / И. Г. Семакин, Е. К. Хеннер. — 4-е изд., испр. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 246 с.
11. Информатика и ИКТ. 11 класс. Базовый уровень / Под ред. проф. Н. В. Макаровой. — СПб.: Питер, 2009. — 224 с.
12. Бочаров М.И., Бочарова Т.И. Глобальное коммуникативное пространство: проблемы безопасности общения // Национальная безопасность. 2012. № 4 (21). С. 47-51.
13. Бочаров М.И., Бочарова Т.И. Аспекты непринужденной коммуникации в электронных средствах массовой информации / Информатизация образования - 2011: материалы Международной научно-практической конференции. - Елец: ЕГУ им. И. А. Бунина, 2011. - Т. 1.-493 с.
14. Бочарова Т.И., Бочаров М.И. Проблемы коммуникативной безопасности в социально-культурном пространстве массовой информации // Вестник ВГУ. Серия: Филология. Журналистика. 2013. №1. С. 14-16.
15. Бочаров М.И., Симонова И.В. Преимущество содержания обучения информационной безопасности в новых федеральных государственных образовательных стандартах общего образования // Информатика и образование. 2011. № 6. С. 14-17.

16. Бочаров, М. И. Системное обновление предметного содержания на основе новых информационных технологий в непрерывном образовании в области информационной безопасности // 2010. № 2. С. 81-88.
17. Бочаров М.И. Интегративное обучение и предпрофильная подготовка учащихся средних классов в области информационной безопасности // Информатика и образование. 2010. № 9. С. 40-47.
18. Бочаров, М.И. Основы информационной безопасности в содержании учебных предметов на этапе основного общего образования // Информатизация образования и науки. 2010. № 4. С. 56-66.
19. Бочаров М.И. Адаптация широкого круга специалистов к педагогической практике в системе непрерывного образования // Профильная школа. 2010. № 1. С. 28-33.
20. Черных Л.А., Бочаров М.И. Ключевая роль системы повышения квалификации в непрерывном педагогическом образовании на примере обучения информационной безопасности // Образование и общество. 2010. №1. С. 31-35.
21. Бочаров М.И. Обучение будущих педагогов совместному с администрацией обеспечению комплексной информационной безопасности образовательного учреждения // Информатика и образование. 2010. № 2. С. 96-99.
22. Бочаров М.И., Козлов О.А., Симонова И.В. Принципы проектирования методической системы обучения студентов информационной безопасности // Информатика и образование. 2012. № 7. С. 78-82.
23. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / [сост. Е. С. Савинов]. — М.: Просвещение, 2011. — 342 с.
24. Примерные программы по учебным предметам. Информатика. 7-9 классы. — М.: Просвещение, 2011. — 342 с. ISBN: 978-5-09-024985-0. <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=8421>

**СЕКЦИЯ 8. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И РАСПРЕДЕЛЕННОЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ГРИД-ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ**

Захаров В.Н.¹, Мунерман В.И.²

¹Институт проблем информатики РАН (ИПИ РАН), д.т.н., ученый секретарь института, VZakharov@ipiran.ru,

²Смоленский государственный университет (СмолГУ), к.т.н., доцент, vimoon@gmail.com

Модели и методы параллельной обработки структурированных больших данных

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Big Data, модели данных, параллельное программирование

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема оптимизации массовой обработки структурированных больших данных. Приводятся модели данных, позволяющие проектировать программно-аппаратные комплексы, ориентированные на эффективное решение конкретных задач.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 13-07-00579.

Часть экспериментальных результатов получена в рамках гранта, предоставленного Смоленскому государственному университету корпорацией Microsoft.

В статье рассматривается проблема оптимизации массовой обработки структурированных больших данных. Современное состояние вычислительной техники и возможности систем программирования позволяют проводить оптимизацию на различных уровнях и различными методами. Рассматриваемая в статье технология разработки процесса обработки данных, состоит из следующих шагов:

- выбор модели данных и построение схемы базы данных;
- разработка запросов и представление их в виде алгебраических выражений;
- выбор архитектуры параллельного вычислительного комплекса и соответствующей этой архитектуре модели вычислений;
- выбор промежуточной модели данных, связывающей исходную модель данных и модель вычислений;
- трансляция выражений запросов с языка модели данных на язык промежуточной модели с одновременным распараллеливанием и оптимизацией плана запроса;
- размещение данных во внешней памяти в соответствии с требованиями параллельной реализации запроса;
- корректировка процедур выполнения составляющих запрос операций на основе метаданных, соответствующих запросу;
- настройка аппаратных средств и выполнение запроса.

Дальнейшее изложение посвящается рассмотрению методов обеспечивающих теоретическую и практическую базы для построения подобных технологий обработки данных.

Массовая обработка данных: основные понятия. Традиционно массовую обработку данных связывают с параллельными вычислениями и чаще всего определяют следующим образом: массовая параллельная обработка – способ параллельной обработки больших объемов данных большим числом процессоров. В настоящее время массовую обработку данных связывают с направлением, получившим название Big Data. Big Data (большие данные) – общий термин, который обозначает структурированные, неструктурированные и полуструктурированные данные сверхбольших и постоянно возрастающих объемов, вновь создающиеся в процессе решения задач. Загрузка таких данных в обычную (например, реляционную) базу данных и последующая обработка требуют больших затрат ресурсов вычислительных комплексов [1]. Далее рассматривается один из классов массовой обработки – обработка структурированных данных.

Исторически, обработка структурированных данных – один из самых ранних классов обработки. Первые математические (алгебраические) модели для него появились еще в начале 60-х годов XX века и, в конечном счете, привели к современным реляционным и объектным моделям данных. Технологические решения также развивались в основном применительно к обработке структурированных данных. К числу таких решений можно отнести формализацию методов доступа к данным. Разделение их на последовательный, индексный и индексно-последовательный позволило существенно повысить производительность вычислительных комплексов, так как метод доступа определялся характером решаемой задачи. Это позволяло выбирать наиболее эффективный алгоритм обработки данных для каждой операции из последовательности операций, приводящих к решению прикладной задачи. Так как далее речь будет идти только о массовой обработке структурированных данных, то под термином "массовая обработка данных" (МОД) будет пониматься только обработка структурированных данных.

Традиционно МОД широко используется для решения многих задач в различных предметных областях в тех случаях, когда в вычисления включается значительная часть содержащихся в базе данных. К числу таких задач относятся: оперативная статистическая обработка экспериментальных данных, банковской сфере, задача "Операционный день банка", ежедневные задачи учета и планирования производства в современных системах управления (стандарты ERP [2]), задачи статистического анализа и синтеза подсистем послепродажного обслуживания в системах интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции [3].

Таким образом, особенность этих классов задач заключается в том,

что при их решении в обработку включаются практически все данные, характеризующие объекты этих задач, и объемы обрабатываемых данных очень велики. Поэтому можно утверждать, что они (эти классы) относятся к области исследований, связанной с обработкой данных больших объемов (Big Data).

Далее рассматривается такая разновидность МОД, которая позволяет учесть эти особенности и, основываясь на свойствах и структурах данных, присущих рассмотренным классам задач, обеспечивает эффективную реализацию вычислительных процессов решения этих задач. Предполагается, что используемые и обрабатываемые в задачах МОД данные хранятся в базах данных (БД) и обрабатываются системами управления базами данных (СУБД). Рассматриваются методы эффективной реализации МОД с использованием современных аппаратных и программных средств. Повышение эффективности достигается за счет использования специальных моделей данных.

Обычно СУБД опирается на файловую систему, присущую конкретному вычислительному комплексу или операционной системе. Файловая система обеспечивает функции управления данными, хранимыми в файлах во внешней памяти. Эти данные организуются с использованием различных методов доступа. Однако при работе с СУБД методы управления файлами, определяющие способы их организации и доступа к отдельным записям, уходят на второй план и становятся невидимыми для программистов, разрабатывающих запросы к базе данных. Это приводит к тому, что способы повышения эффективности обработки данных (оптимизация запросов) перестают быть инструментами прикладного программиста и становятся прерогативой программистов, разрабатывавших СУБД.

Частичные решения, дающие прикладному программисту некоторую свободу действий, появились благодаря объектным моделям данных, которые дают ему возможность создания собственных абстрактных типов данных (классов, объектов). Но главная проблема МОД – построение эффективного процесса обработки данных при помощи некоторого набора типовых операций, – в современном понимании объектно-ориентированного подхода к базам данных не учитывается. Это не позволяет прикладным программистам активно влиять на стратегию и тактику оптимизации обработки данных.

Поэтому в качестве основных направлений повышения эффективности МОД можно указать следующие: разработка моделей данных, обеспечивающих наибольшее соответствие существующим моделям данных и архитектурам вычислительных комплексов, и разработка на основе этих моделей способов организации данных во внешней памяти и алгоритмов реализации операций, в наибольшей степени соответствующих структурам данных.

Можно сформулировать основные предположения и определить

понятия, связанные с проблематикой повышения эффективности МОД:

1. Данные хранятся в базе данных (БД) и управляются системой управления базами данных (СУБД);
2. Модель данных и способ их организации, присущие конкретной СУБД, не влияют на характер выборки в процессе выполнения операций;
3. Данные извлекаются из базы в виде поименованных упорядоченных последовательностей однотипных агрегатов, содержащих сведения об однородных объектах;
4. В дальнейшем для этих последовательностей будет использоваться (в соответствии с традицией) название **файлы**, а для агрегатов – **записи**;
5. Предполагается, что время выборки данных из базы в файл минимально (на практике оно определяется свойствами СУБД).

Вовлеченность большинства записей в обработку можно выразить количественно при помощи величины, называемой коэффициентом активности файла. Пусть L – общее число записей в файле, L_e – число записей того же файла, подвергающихся обработке в процессе выполнения операции над этим файлом.

Отношение $K_a = \frac{L_e}{L}$ называется **коэффициентом активности**

файла. Коэффициент активности определяет метод доступа к файлу. Если он высокий – близок к единице, то более эффективным будет последовательный доступ к файлу, в противном случае, когда он близок к нулю, целесообразно использовать произвольный доступ. Таким образом, основное свойство МОД состоит в том, что коэффициенты активности всех обрабатываемых файлов близки к единице.

Реализация МОД осуществляется посредством обработки файлов специальным набором операций. Причем этот набор операций не меняется на протяжении длительного периода времени от конца пятидесятых годов XX века до настоящего времени. Одним из наиболее эффективных подходов к формализации был подход, основанный на создании алгебры файлов. При таком подходе файл рассматривается как самостоятельный объект, обладающий набором присущих ему специфических свойств, существенно используемых при формализации операций и разработке алгоритмов, реализующих эти операции. Преимущество такого подхода состоит в том, что файл определяется и рассматривается в контексте операций не как множество, а как производный от множества объект, что позволяет создавать процедурные модели данных, в которых определения операций одновременно задают способы представления данных и алгоритмы их обработки. Это особенно важно в настоящее время, когда объектно-ориентированный подход к обработке данных, наиболее естественный с математической точки зрения, стал преобладающим.

Далее приводится неформальное описание операций над файлами.

1. Сортировка. Упорядочивает файл в соответствии с некоторым отношением порядка (как правило, лексикографического), заданного на множестве записей файла. Поля записей файла, по значениям которых упорядочивается файл, называются *ключами сортировки*, *ключевыми полями* или просто *ключами*. В реляционной модели данных нет явной операции сортировки, но в языке SQL есть возможность упорядочить результат запроса;
2. Выборка. Выбирает из файла записи, соответствующие заданному критерию. В реляционной модели ей соответствует операция SELECT;
3. Сжатие. Операция квантификации. Заменяет несколько записей, удовлетворяющих заданному критерию, одной записью. При этом часть элементов (полей) записей могут подвергаться групповым операциям, смысл и алгоритмы которых определяются контекстом операции сжатия в предметной области, в которой решается задача. В реляционной модели этой операции соответствует операция PROJECT, которая реализуется в языке SQL возможностью выборки не всех полей отношения и применения операции GROUP BY;
4. Слияние строго упорядоченных файлов. На самом деле это не одна операция, а класс операций, соответствующий классу теоретико-множественных операций в реляционной модели. Отличие состоит в том, что оба файла рассматриваются как упорядоченные множества. Таким образом, слияние строго упорядоченных файлов позволяет реализовать операции подобные объединению, пересечению, разности и симметрической разности множеств. Однако строгое определение этой операции дает возможность прикладному программисту конструировать и другие варианты получения результирующего файла, что в большей степени соответствует концепциям объектно-ориентированного подхода;
5. Слияние нестрого упорядоченных файлов. Для этой операции по крайней мере один из участвующих в ней файлов рассматривается как мультимножество (множество, допускающее включение одного и того же элемента по несколько раз). Ее алгоритм состоит из следующих шагов:
 - a. В обоих исходных файлах выбираются группы записей, одинаковых по заданному критерию;
 - b. Выполняется декартово произведение выбранных групп. Каждая полученная пара записей заменяется единственной записью файла результата;
 - c. Результаты декартовых произведений объединяются в один файл.В реляционной модели этой операции соответствует операция JOIN.
Для обеспечения эффективности реализации задач МОД необходима возможность параллельной обработки структурированных и высоко

активных данных. Методы параллельной реализации задачи МОД могут быть реализованы не только в рамках файловых систем [4], но и средствами любых СУБД. При этом модель данных, на которой основана СУБД (реляционная, объектная, SQL, NoSQL), не имеет принципиального значения. Однако эти модели не учитывают основные факторы, определяющие эффективность МОД: структурированность и активность данных. Они разрабатывались как универсальные модели, пригодные для решения любых классов задач обработки данных. Но проблемы распараллеливания данных и оптимизации запросов неотделимы от знания структуры данных и оценки вычислительной сложности алгоритмов, которая определяется величиной входного потока [5]. Поэтому невозможно разработать общие методы распараллеливания и оптимизации обработки, которые бы позволяли одинаково хорошо оптимизировать обработку данных для всех возможных классов задач.

Модели данных для реализации МОД. Известно, что проектирование БД – многоступенчатый процесс, состоящий из последовательного построения моделей данных различных уровней. Для того чтобы иметь возможность построения технологий распараллеливания обработки данных и решать проблемы оптимизации запросов для рассматриваемого класса МОД, необходимо построение моделей, учитывающих эти факторы: структурированность и активность данных. К таким моделям можно отнести теоретико-множественную или файловую и многомерно-матричную модели данных [6, 7, 8]. Эти модели играют связующую роль между моделями данных высокого уровня, таких как реляционная, и моделями вычислений (архитектурами вычислительных комплексов). Они обладают следующими свойствами.

Соответствие моделям данных и вычислений. Неформально, требование соответствия двух моделей означает наличие у них свойств, позволяющих использовать одну модель МОД вместо другой. То есть между ними должен быть установлен, по крайней мере, гомоморфизм, а в идеальном случае – изоморфизм. Эти виды соответствий могут быть установлены между предложенными теоретико-множественной и многомерно-матричной моделями и другими моделями данных и вычислений [7,8].

Процедурность. Модель должна обеспечивать алгебраическую процедурную формулировку запроса, которая задает правила его реализации. То есть запрос, представленный на языке модели, может быть вычислен на основе выполнения элементарных алгебраических операций, определенных в модели, с учетом приоритетности, возможного наличия скобок и некоторых дополнительных правил, определяющих порядок их выполнения. К требованию процедурности предложенных моделей добавляются два дополнительных требования. Первое требование состоит в том, что и сами элементарные алгебраические операции, которые реализуют выполнение запроса, должны иметь формализованные

описания, позволяющие проектировать процедуры, реализующие их алгоритмы, таким образом, чтобы они наилучшим образом выполнялись в используемой модели вычислений. В распространенных в настоящее время моделях данных эти операции не имеют формализованных описаний. Поэтому качество их реализации определяется мастерством программистов, которые разрабатывают СУБД. Второе требование заключается в предоставлении прикладному программисту возможности применения способов организации и распределения данных, не реализованных в конкретной СУБД, и разработки на основе имеющегося языка манипулирования данными процедур запросов, эффективно использующих выбранную организацию данных и модель вычислений. Применение моделей данных, соответствующих этим требованиям позволит программистам, разрабатывающим СУБД, расширить круг архитектур вычислительных комплексов, на которых станет возможным применение этих СУБД; прикладным программистам – возможность привязывать различные СУБД к выбранной для решения прикладной задачи архитектуре вычислительного комплекса.

Параллелизм алгебраических операций. Формализация операций должна обеспечивать возможность распараллеливания операций совместной обработки двух или более файлов. Формальное определение операций в теоретико-множественной модели позволяет использовать методы распараллеливания, присущие системам, управляемым данными (data flow), а в многомерно-матричной модели – системам на основе векторных (матричных) процессоров. Кроме того, модель должна обеспечивать возможность распараллеливания обмена между оперативной памятью и внешней запоминающей средой (традиционными внешними носителями информации или хранилищами данных).

Оптимизация запросов. Модель должна обеспечивать возможность оптимизации процессов совместной обработки нескольких файлов, реализующих запросы. Это означает, что в терминах модели процесс, реализующий запрос, должен иметь формальное представление в виде алгебраического выражения, которое можно либо автоматически синтезировать с заданными характеристиками, либо преобразовывать для улучшения его характеристик. Спецификацией для построения выражения может служить неформальное описание запроса, например, это может быть набор, содержащий описания входных данных, правил преобразований атрибутов (формул для вычисления значений) и результата. Формальное описание запроса на языке любой модели данных, например, SQL-модели, также может служить спецификацией для синтеза выражения или его оптимизации в процессе трансляции на язык связующей модели. Следовательно, связующая модель должна содержать средства, с помощью которых возможно реализовать синтез нового оптимального процесса и оптимизацию имеющегося процесса посредством эквивалентных преобразований, то есть улучшить предложенный пользователем процесс.

Поскольку методы оптимизации процесса, как правило, имеют высокую вычислительную сложность, в большинстве случаев оперативная оптимизация может быть затруднительной. Поэтому целесообразно оптимизировать многократно выполняющиеся процессы. Вместе с тем, параллельная реализация некоторых методов оптимизации позволяет надеяться на возможность оперативной оптимизации процессов [9].

Объектно-ориентированная парадигма. Это требование означает, что рассматриваемые формальные модели должны обеспечивать возможность применения современных объектно-ориентированных методов проектирования и программирования. Вместе с тем, принятый сегодня подход к описанию объектных моделей данных имеет сугубо технологический характер, который выражается в том, что отсутствует строгое определение объекта, которое заменяется неформальным описанием его свойств и свойств систем баз данных, построенных на основе объектно-ориентированного подхода. Это приводит к тому, что даже активные сторонники и основоположники объектного подхода к построению систем баз данных указывают на его недостаток, состоящий в отсутствии строгого определения объекта, то есть "объект – это все, что угодно" [10]. Для того чтобы иметь возможность построения строгих и процедурных объектных моделей данных необходимо использовать строгое определение абстрактного типа данных (объекта, класса) как универсальной многоосновной алгебраической системы. На основе такого подхода построены две модели данных, которые удобно использовать для построения технологий МОД.

Теоретико-множественная и многомерно-матричная модели.

Пусть $A = \{A_1, \dots, A_p\}$ некоторая конечная система конечных множеств, а $N = \{N_1, \dots, N_p\}$ конечное множество элементов, называемых *именами* множеств A_1, \dots, A_p . Множества A_1, \dots, A_p могут состоять из элементов любой природы: чисел с фиксированной или плавающей точкой, строк, а также таких структур как массивы или кортежи (записи). На множествах A_1, \dots, A_p могут быть заданы операции и отношения, тогда A_1, \dots, A_p называются *типами*. *Поле записи* называется пара $F = \langle N_i, A_i \rangle$ ($i=1, \dots, p$). N_i – имя, а A_i – множество значений поля. Кортёж $R = \{F_1, \dots, F_p\}$ называется *записью* типа R . Кортёж вида $R^* = \{ \langle N_1, A_1^* \rangle, \dots, \langle N_p, A_p^* \rangle \} (A_i^* \in A_i, i=1, \dots, p)$ называется экземпляром записи типа R .

Множество X экземпляров записей типа R называется множеством записей типа R или множеством однотипных записей.

Пусть $K = \{K_1, \dots, K_m\}, (m < p)$ – конечное множество полей записи R , такое что $K_1 = F_{\alpha_1}, \dots, K_m = F_{\alpha_m}$, причем все $A_{\alpha_i} (i=1, \dots, m)$ – типы, на которых заданы отношения порядка. Множество K называется *множеством ключей*, а его элементы *ключами*. Кортёж $K = \{K_1^*, \dots, K_m^*\}$, для элементов которого выполняется правило $K_i^* \in A_{\alpha_i} (i=1, \dots, m)$, называется экземпляром множества ключей (K_i^* называется экземпляром ключа).

Очевидно, что любая совокупность экземпляров множества ключей может быть лексикографически упорядочена. Одновременно упорядочивается и множество однотипных записей X , тип которых включает множество ключей K .

Две однотипные записи называются *эквивалентными*, если они содержат одинаковые экземпляры множества ключей. Задание множества ключей K разбивает множество однотипных записей X на *классы эквивалентности*, содержащие записи с одинаковыми значениями ключей – эквивалентные записи. Совокупность всех классов эквивалентности по отношению, заданному множеством ключей, образует *фактор-множество* множества однотипных записей X . Такое фактор-множество обозначается X_K , составляющие его классы эквивалентности – X_{K^*} , или $X_{K^*(1)}, X_{K^*(2)}, \dots$. Если некоторому экземпляру множества ключей во множестве X не соответствует ни одной записи, считается, что ему соответствует *универсальная неопределенная запись* Θ . Класс эквивалентности, соответствующий экземпляру множества ключей K^* и состоящий из единственной записи Θ , будет обозначаться Θ_K .

Файлом X_K называется фактор-множество множества однотипных записей X по отношению эквивалентности порожденному множеством K . При таком подходе файл не может быть неупорядоченным. Если каждый класс эквивалентности файла X_K содержит единственную запись, то файл X_K называется *строго упорядоченным*, если же в каждом классе эквивалентности может быть более одной записи – *нестрого упорядоченным*. В этих терминах можно задать теоретико-множественные описания операций над файлами.

Сортировка (sort). Выполнение операции сортировки приводит к построению из исходного множества однотипных записей X файла X_K (фактор-множества X по заданному множеству ключей K). Практические соображения требуют, чтобы для любого множества X можно было подобрать такое множество ключей K , по которому файл X_K будет строго упорядоченным.

Выборка (sel). Пусть даны файл X_K и $\pi(K)$ предикат, определенный на множестве ключей K . Операция выборки приводит к созданию файла X_K^π , удовлетворяющего следующим условиям: $X_K^\pi \subseteq X_K$, то есть файл X_K^π есть подмножество файла X_K ; $\forall K^*(X_{K^*} \in X_K^\pi \wedge \pi(K^*))$, то есть класс эквивалентности X_K присутствует в файле тогда и только тогда, когда все значения ключей в экземпляре множества ключей K^* превращают предикат $\pi(K)$ в истинное высказывание.

Сжатие (quant). Пусть даны файлы X_K , нестрого упорядоченный по множеству ключей K , и Y_K , строго упорядоченный по множеству ключей K . Классы эквивалентности этих файлов связаны соотношением $Y_{K^*} = f(X_{K^*})$, где f – функция, реализующая групповую операцию (операцию квантификации). Тогда считается, что файл Y_K получен из файла X_K в

результате применения операции сжатия.

Слияние строго упорядоченных файлов (ms). Пусть даны два файла X_K и Y_K строго упорядоченные по одному и тому же множеству ключей K . В результате слияния этих строго упорядоченных файлов образуется файл Z_K , классы эквивалентности задаются соотношением $Z_{K^*} = f(X_{K^*}, Y_{K^*})$. Функция $f(X_{K^*}, Y_{K^*})$, определенная на классах эквивалентности исходных файлов, задает характер операции. В задачах массовой обработки данных построение функции f может быть следующим:

$$f(X_{K^*}, Y_{K^*}) = \begin{cases} g_1(Y_{K^*}), & \text{если } X_{K^*} = \Theta_{K^*} \\ g_2(X_{K^*}), & \text{если } Y_{K^*} = \Theta_{K^*} \\ g_3(X_{K^*}, Y_{K^*}), & \text{если } X_{K^*} \neq \Theta_{K^*}, Y_{K^*} \neq \Theta_{K^*} \end{cases}$$

Функции g_1, g_2, g_3 реализуют формирование записи выходного файла с вычислением новых значений неключевых полей, из значений неключевых полей записей X_{K^*} и Y_{K^*} . Значения ключей все три функции переносят Z_{K^*} в выходную запись без изменений.

Слияние нестрого упорядоченных файлов (mns). Пусть X_K и Y_L – файлы, упорядоченные (возможно строго) по множествам ключей K и L , причем выполняется условие $K \cap L \neq \emptyset$, и пусть M – множество ключей, связанное с множествами K и L соотношениями: $M \subseteq K \cup L, M \cap K \neq \emptyset$ и $M \cap L \neq \emptyset$. Это означает, что, по крайней мере, один файл X_M, Y_M нестрого упорядочен по множеству ключей M . Слияние файлов производится по множеству ключей M . Класс эквивалентности файла Z_M вычисляется по следующему правилу:

$$Z_{M^*} = \begin{cases} \Theta_{M^*}, & \text{если } X_{K^*} = \Theta_{K^*}, \text{ или } Y_{L^*} = \Theta_{L^*}, \\ f(X_{K^*}, Y_{L^*}), & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Функция $f(X_{K^*}, Y_{L^*})$ определена на классах эквивалентности X_{K^*} и Y_{L^*} , а ее значение – класс эквивалентности Z_{M^*} , состоящий из элементов, каждый из которых вычисляется из пары элементов, принадлежащей декартову произведению $X_{K^*} \times Y_{L^*}$.

Логическая многомерная матрица определяется как система $(n_1 \times \dots \times n_p)$ двоичных элементов $A_{i_1 \dots i_p}$ ($i_\alpha = 1, \dots, n_\alpha, \alpha = 1, \dots, p$), расположенных в точках p -мерного пространства, определяемых координатами i_1, \dots, i_p , и обозначается $A = \| \| a_{i_1 \dots i_p} \| \|$. Над логическими многомерными матрицами определены унарные операции транспонирования, сечения, свертки и бинарные операции сложения и умножения. Далее приводятся краткие определения этих операций.

Матрица $A' = \| \| a_{i_\alpha \dots i_\alpha} \| \|$, элементы которой связаны с элементами матрицы $A = \| \| a_{i_1 \dots i_p} \| \|$ соотношением $A' = \| \| a_{i_\alpha \dots i_\alpha} \| \|$, где $(i_\alpha \dots i_\alpha)$ – какая-нибудь перестановка индексов $(i_1 \dots i_p)$, называется **транспонированной** относительно матрицы A соответственно этой перестановке.

Совокупность элементов матрицы $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$ с фиксированными значениями некоторых индексов называется **сечением** матрицы A . Сечение, произведенное по m индексам ($1 \leq m \leq p$), называется m -кратным и является $(p-m)$ -мерной матрицей.

Пусть дано разбиение совокупности индексов матрицы $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$ на совокупности $l = (l_1, \dots, l_+)$ и $c = (c_1, \dots, c_\mu)$, $\lambda + \mu = p$. Матрица ${}^u A = \|a_l\|$, элементы которой связаны с элементами матрицы $A = \|a_k\|$ соотношением $a_l = \bigvee_{(c)} a_{lc}$, называется **μ -свернутой матрицей** и обозначается ${}^u A = \left\| \bigvee_{(c)} a_{lc} \right\|$.

Суммой двух p -мерных матриц $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$ и $B = \|b_{i_1 \dots i_p}\|$ с одинаковыми наборами индексов i_1, \dots, i_p называется p -мерная матрица $C = \|c_{i_1 \dots i_p}\|$ с тем же набором индексов, элементы которой вычисляются по формуле $c_{i_1 \dots i_p} = a_{i_1 \dots i_p} + b_{i_1 \dots i_p}$.

Пусть даны p -мерная матрица $A = \|a_{i_1 \dots i_p}\|$ и q -мерная матрица $B = \|b_{i_1 \dots i_q}\|$. Можно разбить совокупности индексов $i_1 \dots i_p$ и $i_1 \dots i_q$ на четыре группы, содержащие соответственно k, λ, μ, ν индексов ($k, \lambda, \mu, \nu \geq 0$). Причем $k + \lambda + \mu = p$, а $\lambda + \mu + \nu = q$. Разбиение порождает четыре группы индексов: $l = (l_1, \dots, l_k)$, $s = (s_1, \dots, s_\lambda)$, $c = (c_1, \dots, c_\mu)$ и $m = (m_1, \dots, m_\nu)$. Индексы разбиений s и c принадлежат обеим матрицам. Тогда матрицы A и B можно представить в виде $A = \|a_{isc}\|$ и $B = \|b_{scm}\|$. Очевидно, что если индексу $s_y(c_y)$ соответствуют индекс i_α в матрице A и индекс i_β в матрице B , то $n_{i_\alpha} = n_{i_\beta}$. Матрица $C = \|C_{ism}\|$, элементы которой вычисляются по формуле $c_{ism} = \bigvee_{(c)} a_{isc} \wedge b_{scm}$, называется **(λ, μ) -свернутым произведением** матриц A и B и обозначается ${}^{\lambda, \mu}(A \times B)$.

Теоретико-множественная и многомерно-матричная модели соответствуют не только друг другу, но и практически всем используемым в практике обработки данных современным моделям данных. Это соответствие, в зависимости от требований решаемой задачи, может быть как гомоморфизмом так и изоморфизмом.

Программно-аппаратная реализация МОД. Теоретико-множественная и многомерно-матричная модели позволяют использовать два подхода к параллельной реализации задач МОД: в потоковой модели вычислений на основе теоретико-множественной модели и архитектуры вычислительных систем с ассоциативным распределением ресурсов, и в матричной модели вычислений с обобщением параллельных алгоритмов, реализующих операции над плоскими матрицами, на многомерные матрицы.

Рассматриваемому варианту МОД присущи регулярные запросы. Такие запросы разрабатываются прикладным программистом в процессе проектирования автоматизированной информационной системы, после чего существуют практически без изменений на протяжении всего жизненного цикла системы. Следовательно, затраты на трансляцию

запроса, его оптимизацию, создание библиотечной программы, аналогичной хранимой процедуре, имеют разовый характер и не наносят ущерба как разработчику – профессиональному прикладному программисту, – так и самой информационной системе во время ее эксплуатации.

Особенность современного состояния вычислительной техники состоит в том, что, во-первых, используются гибкие архитектуры современных аппаратных средств, основанные на многоядерности и многопроцессорности, и, во-вторых, вычислительные сети обеспечивают такую простоту коммуникаций, которая позволяет легко проектировать различные топологии сетей. Эти два фактора – регулярность запросов и гибкость вычислительных средств – позволяют решать задачи оптимизации архитектуры программно-аппаратного вычислительного комплекса на этапе разработки автоматизированной информационной системы. Причем для каждой системы, входящей в ее состав задачи или даже отдельного запроса может быть разработан индивидуальный программно-аппаратный вычислительный комплекс [11, 12, 13].

Таким образом, в задачах МОД можно выделить две основные цели оптимизации: ускорение отдельных операций обработки одного или нескольких файлов, и построение оптимальных последовательностей операций (процессов или запросов) для решения конкретных задач.

На основе теоретико-множественной и многомерно-матричной моделей становится возможной оптимизация отдельных операций за счет применения различных параллельных архитектур вычислительных комплексов, реализующих выполнение операций. А также возможны синтез и оптимизация процессов (запросов), составленных из этих операций обработки данных, с одновременным выбором наилучших архитектур вычислительных комплексов, реализующих эти процессы. То есть, предложенные модели позволяют производить двухуровневую оптимизацию, как на уровне операций, так и на уровне процессов.

Если характер данных в решаемой задаче МОД определяет выбор многомерно-матричной модели, то проблема параллельной реализации запросов и составляющих их операций решается просто, поскольку параллельные алгоритмы для операций алгебры матриц легко преобразуются в алгоритмы для операций алгебры многомерных матриц. В случае использования теоретико-множественной модели необходимо реализовать распределение данных между памятью вычислителей. В [13] предложен способ распределения файлов, который называется **симметричным горизонтальным распределением данных**, а для его реализации – эвристический алгоритм, названный алгоритмом бустрофедона.

Для проверки предложенных методов повышения эффективности МОД проведен ряд вычислительных экспериментов [11, 13, 14], в которых на основе теоретико-множественной и многомерно-матричной моделей

были построены программно-аппаратные комплексы с различными архитектурами:

- симметричное мультипроцессирование (SMP) на основе рабочей станции с четырехядерным процессором Intel Core i7 (с технологией Hyper Threading);
- массово-параллельная архитектура на основе локальной вычислительной сети с однотипными рабочими станциями;
- массово-параллельная архитектура на основе облачной системы Windows Azure с распределением вычислений между виртуальными машинами и отдельными базами данных.

В результате применения принципа симметричного горизонтального распределения данных было получено от 6-кратного до 20-кратного ускорение решения задач МОД (в зависимости от количества используемых вычислительных ресурсов).

Из сказанного можно сделать вывод о том, что применение теоретико-множественной и многомерно-матричной моделей в качестве средств, связывающих высокоуровневые модели данных с архитектурами программно-аппаратных вычислительных комплексов, позволит существенно повысить эффективность массовой обработки структурированных данных. Кроме того, предложенные методы параллельной реализации задач массовой обработки данных открывают следующие возможности:

1. Создание на основе гибких архитектур современных средств вычислительной техники виртуальных программно-аппаратных комплексов индивидуально для каждой конкретной задачи, наилучшим образом приспособленных для реализации алгоритмов решения именно этой задачи, и учитывающих характер обрабатываемых данных. Эти комплексы могут быть построены на основе серийных вычислительных средств, что существенно снижает уровень материальных затрат;
2. Использование для разработки и реализации программного обеспечения стандартных систем программирования и СУБД. При этом разработка не требует высокого уровня искусства программирования, так как основана на достаточно простой технологии программирования. Использование любого программного обеспечения, уже приобретенного или открытого, также снижает материальные затраты, необходимые для решения задач МОД;
3. Сокращение времени решения задач повышает степень актуальности информации, что особенно важно при работе с большими данными.

Литература

1. Ступников С.А., Скворцов Н.А., Будзко В.И., Захаров В.Н., Калиниченко Л.А. Методы унификации нетрадиционных моделей данных. – Системы высокой доступности, № 1,

- 2014, т. 10, с. 18-40.
2. O'Leary, Daniel L. Enterprise resource planning systems. – Cambridge University Press, 2000. – 232 с. – ISBN 0-521-79152-9.
 3. Сеницын И.Н., Шаламов А.С. Лекции по теории систем интегрированной логистической поддержки. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2012. – 624 с. ISBN 978-5-94588-106-8.
 4. Кузнецов С.Д. Основы баз данных. – М.: Интернет университет информационных технологий; Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 484с. ISBN 978-5-94774-736-2 (БИНОМ ЛЗ).
 5. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. – М.: Изд. МГУ, 2006. – 112 с. ISBN 5-211-05310-9
 6. Мунерман В.И. Объектно-ориентированная модель массовой обработки данных. – Системы высокой доступности, № 4, 2011, т.7, с. 72-74.
 7. Левин Н.А., Мунерман В.И. Реализация объектно-ориентированной модели массовой обработки данных. – Системы высокой доступности, № 3, 2012, т.8, с. 23-25.
 8. Мунерман В.И. Многомерно-матричная модель массовой обработки данных. – Системы высокой доступности, № 3, 2012, т.8, с. 19-22.
 9. Си Ту Танг Син Параллельные и последовательные варианты динамического программирования / Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции . Под ред. Проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – 1050с., с. 932-939. – ISBN 978-5-9556-0140-3.
 10. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 1328 с.: ил. ISBN 5-8459-0788-8 (рус.)
 11. Макаров Д.И., Мунерман В.И. Параллельная реализации операции соединения для массовой обработки данных. – Системы высокой доступности, № 3, 2012, т.8, с. 26-28.
 12. Левин Н.А., Мунерман В.И. Модели обработки больших объемов данных в системах массового параллелизма. – Системы высокой доступности, № 1, 2013, т.9, с. 35-43.
 13. Мунерман В.И. Реализация обработки больших объемов данных на симметричных мультипроцессорных системах. – Системы высокой доступности, № 2, 2013, т.9, с. 36-9.
 14. Мунерман В.И. Опыт массовой обработки данных в облачных системах (на примере Windows Azure). – Системы высокой доступности, № 2, 2014, т.9, с. 3-8.

Мунерман В.И.¹, Мунерман Д.В.², Сеницын И.Н.³, Чукляев И.И.⁴

¹Смоленский государственный университет (СмолГУ), к.т.н., доцент, vymoon@gmail.com

²Смоленская общественная организация содействия науки и образованию
«Региональный союз ученых», младший научный сотрудник, danvymoon@gmail.com

³Институт проблем информатики РАН (ИПИ РАН), д.т.н., заведующий отделом,
sinitsin@dol.ru

⁴Военная академия войсковой противовоздушной обороны вооруженных сил Российской Федерации им. Маршала Советского Союза А.М. Василевского (ВА ВПВО ВС РФ),
nil_va@pochta.ru

Параллельная реализация задач интегрированной логистической поддержки (CALS)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

CALS, Big Data, модели данных, параллельное программирование.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема повышения эффективности вычислительных средств при решении задач интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции. Предлагается метод построения программно-аппаратных вычислительных комплексов, основанный на применении теоретико-множественной модели данных и принципе симметричного горизонтального распределения данных. Предложенный метод позволяет сократить время решения задач в системах послепродажного обслуживания за счет использования параллельной обработки данных.

В статье рассматривается подход к повышению эффективности решения задач в системах интегрированной логистической поддержки наукоемкой продукции (CALS) [1]. Одна из составляющих таких систем – это система послепродажного обслуживания (СППО), которая является виртуальным предприятием, включающим в себя материальную инфраструктуру и организационно-управленческие структуры всех участников жизненного цикла изделия на стадии их эксплуатации. Это означает, что процессы, протекающие в СППО, охватывают весь комплекс обслуживания и ремонта изделия наукоемкой продукции, поставок оборудования, запасных частей и материалов, хранения и транспортировки материальных средств, обучение персонала и многие другие вспомогательные процессы. СППО – комплексная система, однако в силу сложности управления ею как единым целым реально она состоит из подсистем.

Одна из подсистем обеспечивает техническое обслуживание (ТО) по состоянию, которое является преимущественно двухуровневым. На первом

уровне осуществляется оперативное ТО, устраняются неисправности (заменой блоков, агрегатов). На втором уровне специалистами технических центров (при наличии лицензии) осуществляется ТО и, после оценки технического состояния, восстановительный ремонт. Одна из важнейших задач, которую должен решать технический центр, обеспечивающий ТО, состоит в заказе и получении запчастей для восстановления отказавших агрегатов, узлов, приборов, блоков по заявкам эксплуатирующих и ремонтных подразделений.

Суть задачи состоит в том, чтобы на основе данных о сроках проведения регламентных работ для некоторой совокупности изделий и данных о потребности ремонтных комплектов запчастей для каждого вида работ укомплектовать необходимыми запчастями сервисные центры.

Если для решения задачи использовать в качестве модели данных реляционную модель SQL, исходные документы можно представить в виде трех отношений (таблиц): **План**, **Сроки** и **Комплект**, со следующими схемами:

- **План**(Изделие, Вид_ТО, Дата_нач, Дата_кон);
- **Сроки**(Заказчик, Изделие, Вид_ТО, Дата, Количество);
- **Комплект**(Изделие, Вид_ТО, Ремкомплект).

Таблицы План и Сроки содержат не менее одной строки, в каждой из которых поля Изделие и Вид_ТО имеют одинаковые значения. Операция естественного соединения (JOIN) этих таблиц, порождает таблицу Факт(Заказчик, Изделие, Вид_ТО, Дата, Количество). Строки таблицы Факт формируются в процессе вычисления декартовых произведений групп строк таблиц План и Сроки с одинаковыми значениями полей Изделие и Вид_ТО, в том случае, когда поле Дата в записи файла Сроки находится в интервале, заданном полями записи Дата_нач и Дата_кон файла План.

Таблицы Факт и Комплект также содержат не менее одной строки с одинаковыми значениями полей Изделие и Вид_ТО. Поэтому таблица-результат Комплект_ТО(Заказчик, Изделие, Вид_ТО, Ремкомплект, Дата, Количество) может быть получена в результате аналогичной операции. Так как строки таблицы Комплект_ТО порождаются из строк таблиц Факт и Комплект во время вычисления декартовых произведений, для получения окончательного результата необходимо применить операцию группировки по полям Факт.Заказчик, Факт.Изделие, Факт.Вид_ТО, Комплект.Ремкомплект.

Задача решается с помощью двух SQL-запросов.

В результате первого запроса:

SELECT

Сроки.Заказчик, Сроки.Изделие, Сроки.Вид_ТО, Сроки.Дата,
Сроки.Количество

FROM Сроки **INNER JOIN** План **ON**
(Сроки.Вид_ТО = План.Вид_ТО) **And**
(Сроки.Изделие = План.Изделие)

WHERE

(((Сроки![Дата]) **Between** [План]![Дата_нач] **And** План]![Дата_кон]));
формируется отношение **Факт**(Заказчик, Изделие, Вид_ТО, Дата, Количество).

Второй запрос:

SELECT

Факт.Заказчик, Факт.Изделие, Факт.Вид_ТО, Комплект.Ремкомплект,

Min(Факт.Дата) **AS** [Дата], **Sum**(Факт.Количество) **AS** [Количество]

FROM Факт **INNER JOIN** Комплект **ON**

(Факт.Вид_ТО = Комплект.Вид_ТО) **And**

(Факт.Изделие = Комплект.Изделие)

GROUP BY

Факт.Заказчик, Факт.Изделие, Факт.Вид_ТО, Комплект.Ремкомплект;

приводит к отношению-результату **Комплект_ТО**(Заказчик, Изделие, Вид_ТО, Ремкомплект, Дата, Количество).

Очевидно, что когда необходимо обслуживание сложных наукоемких изделий, при решении этой задачи неминуемо проявится эффект больших данных, что приведет большим затратам времени и к потере актуальности полученных результатов. Решение проблемы лежит в использовании принципов распределенной и параллельной обработки данных.

Параллельная система баз данных поддерживает очень большие базы данных и использует свойства параллелизма архитектуры мультипроцессорных вычислительных комплексов, в средах которых она функционирует.

Распределенная система баз данных функционирует в сетевой среде, и данные в ней физически распределены между несколькими узлами. На каждом узле данные управляются собственной СУБД, которая работает независимо от СУБД, используемых на других узлах [2].

Одна из важнейших проблем этих видов систем баз данных – оптимизация запроса. Решение этой проблемы обычно осуществляется на интуитивном уровне, опирающемся на опыт и искусство прикладного программиста.

Вместе с тем повышение эффективности решения рассмотренной задачи возможно путем создания для нее специализированного программно-аппаратного комплекса. Предпосылками для создания таких комплексов в современных условиях служат:

- гибкость вычислительных средств, вытекающая из многоядерности процессоров;
- высокая скорость передачи данных в локальных вычислительных сетях;
- наличие недорогих быстродействующих внешних запоминающих устройств большой емкости;
- многофункциональные системы программирования, обеспечивающие простую связь с различными СУБД и позволяющие

достаточно просто проектировать программы для параллельной обработки данных.

В качестве модели данных, позволяющей строить такие программно-аппаратные комплексы, можно использовать теоретико-множественную модель (алгебру файлов) [3]. Основной агрегат данных в теоретико-множественной модели – файл, который определяется как фактор-множество множества однотипных записей X по отношению эквивалентности порожденному множеством K и обозначается – X_K . Каждому файлу в теоретико-множественной модели можно поставить в соответствие отношение в реляционной модели данных.

Соответствие операций реляционной алгебры и операций в теоретико-множественной модели данных приведено в таблице 1.

Таблица 1. Соответствие алгебраических операций в моделях данных

Реляционная алгебра	Алгебра файлов
<i>неявная операция</i>	<i>сортировка</i>
<i>selection</i>	<i>выборка</i>
<i>projection</i>	<i>сжатие</i>
<i>теоретико-множественные операции</i>	<i>слияние строго упорядоченных файлов</i>
<i>join</i>	<i>слияние нестрого упорядоченных файлов</i>

В рамках теоретико-множественной модели возможны различные эффективные алгоритмы распараллеливания унарных операций сортировки, выборки и сжатия и бинарной операции слияния строго упорядоченных файлов. Распараллеливание операции слияния нестрого упорядоченных файлов – гораздо более сложная проблема. Ее решение можно найти в использовании метаданных, описывающих распределение записей файла по классам эквивалентности. Такой подход называется индексно-последовательным и основан на одноименном методе доступа – ISAM.

В операции слияния нестрого упорядоченных файлов участвуют два

файла X_K и Y_K . Файл-результат $Z_K = \bigcup_{i=1}^n X_{K_i} \times Y_{K_i}$. X_{K_i} и Y_{K_i} – классы эквивалентности (группы записей с одинаковыми значениями экземпляров множества ключей) файлов X_K и Y_K . Файлу X_K можно поставить в соответствие индексный файл $indX_M = \langle \langle K_{(1)}^*, I_{1X}, m_{1X} \rangle, \dots, \langle K_{(n)}^*, I_{nX}, m_{nX} \rangle \rangle$. Здесь I_{jX} – индекс первой записи класса эквивалентности X_{K_j} , m_{jX} – количество записей в этом классе эквивалентности. Аналогично файлу Y_M соответствует индексный файл $indY_M$. В обоих индексных файлах, если класс эквивалентности $X_{K_{(i)}} (Y_{K_{(i)}})$ состоит из единственной универсальной неопределенной записи Θ , то значение $I_{jX} (I_{jY})$ не определено, а $m_{jX} (m_{jY}) = 0$. Естественно, реализации файлов $indX_M$ и $indY_M$ не содержат записи с

неопределенными значениями. Тогда в файл результат будет содержать только те классы эквивалентности, множества ключей которых принадлежат пересечению индексных файлов операндов ($indX_M \cap indY_M$). Исходя из сказанного оба исходных файла разбиваются на пары подфайлов. Число пар равно числу процессоров вычислительного комплекса, которые выделяются для процессов, реализующих операцию слияния. Классы эквивалентности файлов X_M и Y_M распределяются между подфайлами пар по следующему правилу: для любого j классы эквивалентности

1. $X_{K'_i} \neq \emptyset$ и $Y_{K'_i} \neq \emptyset$;
2. $X_{K'_i}$ и $Y_{K'_i}$ находятся в подфайлах одной и только одной пары.

Процесс, реализующий обработку пары, подфайлы которой содержат по p классов эквивалентности файлов X_M и Y_M , должен сформировать $R = \sum_{i=1}^p m_{X_i} \times m_{Y_i}$ записей файла-результата Z_K . Поэтому распараллеливание б дной пары.

Процесс, реализующий обработку пары, подфайлы которой содержат по p классов эквивалентности файлов X_K и Y_K , будет тем эффективнее, чем будет меньше значение разности R_{max} и R_{min} .

Такой способ распределения данных называется симметричным горизонтальным распределением.

Предложенная задача снабжения и комплектации сервисных центров для проведения технического обслуживания (ТО) и ремонта может служить примером применения подхода, основанного на принципе симметричного горизонтального распределения данных.

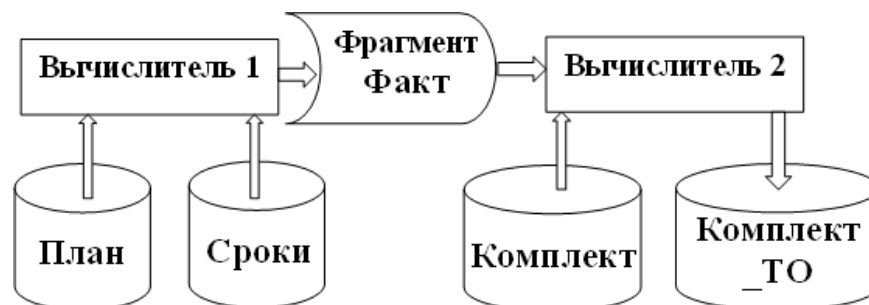


Рис. 1. Конвейерный вычислительный комплекс для решения задачи снабжения и комплектации сервисных центров

Один из способов параллельного решения задачи состоит в использовании конвейерной архитектуры вычислительного комплекса, которую часто относят к классу MISD (множественный поток команд, одиночный поток данных) [4], где несколько функциональных модулей (два или более) выполняют различные операции над одними данными. Архитектура такого комплекса приведена на рисунке 1. Вычислитель 1 выполняет операцию JOIN над таблицами **План** и **Сроки**. После того, как сформирован очередной фрагмент таблицы **Факт** (результат вычисления

декартова произведения), он передается Вычислителю 2. Вычислитель 2 вычисляет декартово произведение этого фрагмента и соответствующей ему группы строк таблицы **Комплект** а затем сохраняет его в таблице-результате **Комплект_ТО**.

Другой способ решения рассмотренной задачи основан на построении вычислительного комплекса с архитектурой SIMD (одиночный поток команд, множественный поток данных), представленной на рисунке 2. В этой архитектуре несколько (более двух) вычислителей, имеющих свою собственную (в некоторых случаях общую) оперативную и внешнюю память, связаны с вычислительной машиной, осуществляющей общее управление (хост-машиной). В современных комплексах возможны связи и между вычислителями. Тройки специальным образом подготовленных фрагментов таблиц **План**, **Сроки** и **Комплект**, которые содержат одинаковые значения полей Изделие и Вид_ТО, собираются на одном внешнем запоминающем устройстве, связанном с одним из N вычислителей.



Рис. 2. SIMD-вычислительный комплекс для решения задачи снабжения и комплектации сервисных центров

Если число троек равно N , то на каждом запоминающем устройстве будет единственная тройка. В общем случае, число $M \ll N$ таких троек на каждом запоминающем устройстве может быть больше единицы ($k + l + \dots + m = M$). Равномерность распределения достигается в результате применения алгоритма бустрофедона [3]. Каждый вычислитель выполняет одинаковую для всех вычислителей операцию соединения фрагментов таблиц, расположенных в его внешней памяти. Полученные в результате строки отношения **Комплект_ТО** передаются на хост-машину, где собираются в таблицу результат.

Рассмотренные способы распараллеливания обработки больших объемов данных были реализованы на различных виртуальных программно-аппаратных вычислительных комплексах, построенных на основе локальных рабочих станций с многоядерными процессорами, локальных вычислительных сетях, и облачной системе Windows Azure [3, 5]. Было получено значительное ускорение при выполнении запросов, содержащих операцию JOIN.

Таким образом, можно утверждать, что достигается существенное

повышение эффективности решения задач интегрированной логистической поддержки наукоемких изделий, объемы данных в которых чрезвычайно велики. При этом, поскольку для построения программно-аппаратных комплексов используются только стандартные вычислительные средства и программное обеспечение, затраты на их создание минимальны.

Литература

1. Сеницын И.Н., Шаламов А.С. Лекции по теории систем интегрированной логистической поддержки. – М: ТОРУС ПРЕСС, 2012. – 624 с.
2. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных. М.: Финансы и статистика, 2002. 800 с. ISBN 5-279-02276-4.
3. Мунерман В.И. Реализация обработки больших объемов данных на симметричных мультипроцессорных системах. – М.; Системы высокой доступности, 2, 2013, т. 9. – с. 39-36.
4. Flynn M.J. Rudd K. W. Parallel architectures // ACM Computing Surveys. 1996. – Vol. 28, No. 1. – P. 67-70.
5. Мунерман В.И. Опыт массовой обработки данных в облачных системах (на примере Windows Azure). – Системы высокой доступности, № 2, 2014, т.9, с. 3-8.

Рудь М.Н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск,
магистрант кафедры интегрированных компьютерных систем управления,
rudmax13@gmail.com

Система локализации для автономного мобильного робота с использованием технологии CUDA

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Мобильный робот, фильтр частиц, локализация Монте – Карло, NVIDIA CUDA, GPGPU.

АННОТАЦИЯ

В статье описывается система локализации для автономного мобильного робота, основанная на фильтре частиц (метод Монте–Карло). Выполнение алгоритма было ускорено на графическом процессоре с использованием технологии NVIDIA CUDA. Проведены оптимизация алгоритма для исполнения на GPU и испытания на реальном оборудовании. В качестве бортового вычислительного блока робота используется одноплатный компьютер NVIDIA Jetson TK1, построенный на гибридном процессоре Tegra K1, поддерживающем технологию CUDA.

Введение

Одной из важнейших задач, решаемых автономным мобильным роботом, действующим в заранее известной среде, является определение месторасположения себя в пространстве (локализация). Для решения этой задачи существуют множество алгоритмов, основанных на получении информации с датчиков различного типа. В данной работе используется алгоритм, основанный на фильтре частиц (метод Монте – Карло) [1]. Текущее положение робота в алгоритме определяется исходя из его предыдущего положения, данных сенсоров и команд, поданных на моторы. Этот метод доказал свою эффективность и применимость к нелинейным и негауссовым системам.

Метод Монте–Карло основан на представлении состояния системы в виде системы частиц. Каждая частица – объект, который содержит информацию о вероятном местоположении и направлении движения робота, а также дополнительный параметр, именуемый *весом частицы*. Частицам предоставляется карта местности в виде сетки (*occupancy grid*). Каждая ячейка сетки содержит одно из двух значений – 0 или 1, что означает, занята ли ячейка препятствием или она свободна для движения. Каждый цикл получения данных с сенсоров вес частицы вычисляется в зависимости от того, насколько точно показания «виртуальных» сенсоров

частицы совпадают с реальными показаниями сенсоров робота. После этого происходит отбор наиболее сильных частиц. В результате, через определенное количество циклов движения и получения информации с сенсоров, в системе останутся частицы, показавшие наилучшие результаты. Они будут сконцентрированы вокруг реального положения робота и смогут достоверно его определить.

Чтобы получить необходимую точность локализации, необходимо охватить как можно больше вероятных состояний робота, что ведет к увеличению числа частиц в системе. Это делает применение фильтра частиц в реальном времени очень затратным с точки зрения скорости вычислений. Необходимо отметить, что большинство шагов фильтра выполняются независимо для каждой частицы, что позволяет осуществлять параллельную обработку всех частиц.

CUDA (Compute Unified Device Architecture) – программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений на графических процессорах (GPU) компании NVIDIA [2]. Это одна из наиболее распространенных технологий для осуществления вычислений общего назначения на GPU.

В данной работе на архитектуру CUDA был перенесен наиболее ресурсоемкий шаг фильтра частиц – вычисление весов, который выполняется независимо для каждой частицы и пригоден для параллельного исполнения. Для повышения наглядности полученных результатов алгоритм был реализован как на многоядерном CPU, так и на устройстве с поддержкой CUDA – мобильной видеокарте GeForce GT 640M. К моменту создания данной статьи алгоритм еще не был протестирован на Jetson TK1.

Статья организована следующим образом. В разделе «Аппаратная часть» приведена краткая информация о конструкции используемого робота, системе сенсоров и бортовом компьютере. В разделе «Алгоритм» подробно описываются все шаги алгоритма локализации для конкретного робота. Раздел «Реализация на CUDA» посвящен реализации алгоритма Монте – Карло на GPU, а также проведенным оптимизациям. Раздел «Результаты» посвящен анализу полученных результатов и дальнейшим направлениям работы.

Аппаратная часть

Конструкция используемого мобильного робота представлена на рисунке 1. Робот имеет два ведущих колеса и одно колесо без привода, установленное в передней части. В качестве основного сенсора используется устройство Microsoft Kinect [3], установленное по направлению движения робота. Kinect предоставляет видеоизображение, комбинированное с соответствующей ему картой глубины, содержащей расстояния до каждой точки обозреваемого пространства. Сенсор имеет разрешение 640 x 480 точек и угол обзора приблизительно 60 градусов. Также для определения направления движения робота используется электронный компас.

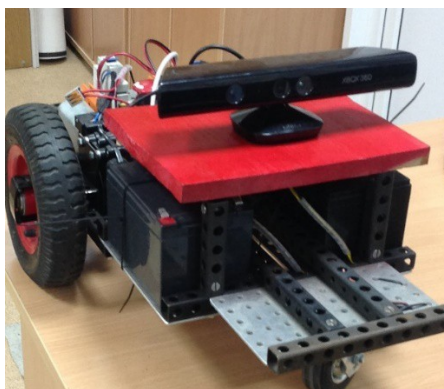


Рис. 1. Колесный робот с установленным сенсором Kinect

Все необходимые вычисления на борту выполняет одноплатный компьютер NVIDIA Jetson TK1. Процессор Tegra K1 обладает 192 – ядерным GPU, построенном на архитектуре Kepler, а также 4 – ядерным CPU ARM Cortex A15. Jetson TK1 имеет все необходимые интерфейсы коммуникации, 16 Гб хранилище данных, а также предустановленную операционную систему Linux for Tegra, что дает возможность взаимодействия с сенсором Kinect посредством библиотеки OpenNI [4].

Алгоритм

Алгоритм, используемый в работе, основан на использовании фильтра частиц. Каждая частица в системе представляет собой одно из возможных состояний мобильного робота. Мобильный робот действует в закрытом помещении лаборатории робототехники, что позволяет использовать сенсор Microsoft Kinect, непригодный для открытых пространств. Состояние робота включает три переменных: координаты x, y центра масс робота, а также угол рысканья θ . В начальный момент времени значения переменных равны нулю. Для каждого цикла движения и считывания информации с сенсоров состояния обновляются с учетом поданных на моторы команд, показаний электронного компаса и сенсора Kinect. Далее будут описаны основные шаги алгоритма Монте – Карло для осуществления локализации робота.

- Инициализация начальных состояний частиц.
Изначально придаем переменным x, y и θ для всех частиц случайные значения.
- Предсказание следующего положения робота.

На данном шаге выполняется чтение показаний электронного компаса и энкодеров двигателей. Показания энкодеров приходят в виде количества градусов, на которые повернулся двигатель. Для того, чтобы предсказать следующее положение робота, необходимо из текущего показания энкодеров вычесть показания энкодеров на предыдущем цикле считывания. Это число градусов должно быть переведено в расстояние, пройденное роботом за это время, с учетом диаметра колес. Наконец, необходимо прибавить полученное число к предыдущей позиции робота. Такой же порядок действий необходимо выполнить и для показаний

электронного компаса. Учитывая наличие шумов в энкодерах и компасе, в модель движения должен быть также добавлен случайный шум. Псевдокод данного шага представлен в алгоритме 1:

Алгоритм 1. Предсказание следующей позиции робота

для всех i от 0 до $N_{\text{частиц}}$:

частица[i]. x = частица[i]. x + одометрия. x + шум. x ;

частица[i]. y = частица[i]. y + одометрия. y + шум. y ;

частица[i]. θ = частица[i]. θ + одометрия. θ + шум. θ ;

конец

- Вычисление весов частиц

Наиболее трудоемкий шаг алгоритма. Как было отмечено ранее, вес частицы зависит от того, насколько точно показания «виртуальных» датчиков частицы совпадают с реальными показаниями сенсора Kinect. Исходя из этого, необходимо создать некую аппроксимирующую модель сенсора Kinect, которой могли бы пользоваться частицы для получения своих показаний.

Карта глубины, получаемая сенсором, размера 640 x 480 точек, содержит значения от 0 до 255. 255 – наиболее удаленный объект. Для создания модели сенсора карта глубины разбивается на 36 регионов (рис. 2):

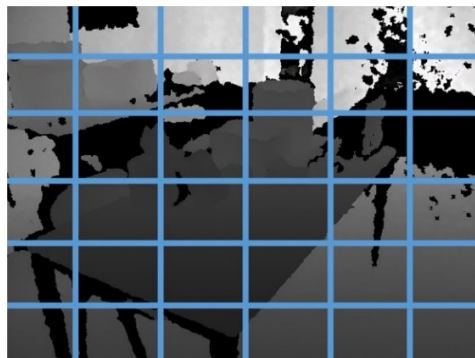


Рис. 2. Карта глубины Kinect, разбитая на 36 регионов

Для каждой ячейки размера 107 x 80 находится среднее значение глубины путем сложения значений всех пикселей и деления полученной суммы на общее число пикселей. Полученная матрица размера 6 x 6 разбивается на столбцы. Для каждого из 6 столбцов находится минимальное значение.

Таким образом, мы получаем своеобразный набор из 6 дальномеров, лучи которых расположены по дуге с промежутком 10 градусов. Подобная модель будет использована частицами для получения расстояний до объектов на карте.

Перейдем непосредственно к вычислению весов частиц. В начале, инициализируем веса частиц равными единицам. Затем, будем последовательно умножать этот вес на следующее выражение:

$$1.0 - \left(\frac{|Mr_i - Mp_i|}{Mr_i + Mp_i} \right),$$

где Mr_i - показание i -го датчика робота, Mp_i - показание i -го датчика частицы, $i = \{0,1,2,3,4,5\}$ - количество датчиков, в данном случае, 6.

Частицы, наиболее близкие к реальному положению робота, будут иметь наибольший вес, наиболее удаленные частицы - наименьший.

- Отбор частиц

На этом шаге необходимо провести отбор наиболее сильных частиц. Общее число частиц при этом должно сохраняться неизменным, поэтому некоторые частицы попадут в новый набор несколько раз.

Основные шаги отбора представлены в алгоритме 2:

Алгоритм 2. Отбор частиц

1. Нормализация весов. Веса всех частиц складываются, вес каждой частицы делится на полученную сумму.
2. Построение нового набора частиц осуществляется путем использования *колеса отбора* (рис.3):

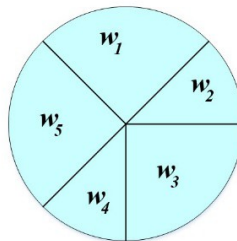


Рис. 3. Колесо отбора частиц

Частицы с большим весом занимают соответственно большую долю колеса, и наоборот.

Создадим переменную *index* и придадим ей случайное значение в интервале от 0 до N, где N - количество частиц. Создадим также переменную β , инициализировав её нулем. Теперь, в цикле от 0 до N выполним следующие действия:

для всех i от 0 до N

$\beta = \beta + rand(0...2 \cdot w_{max})$ // w_{max} - максимальный вес частицы в наборе

если (частица[index].w < β)

{

$\beta = \beta - \text{частица}[\text{index}].w$

$\text{index} = \text{index} + 1;$

}

иначе

{

Поместить частицу в новый набор

}

конец

3. Выполнив этот цикл для всех частиц, мы получим новый набор, в который попадут только наиболее приспособленные частицы.

- Определение местоположения робота

После получения нового набора частиц, вычислим предполагаемые координаты x, y, θ робота путем вычисления средних значений данных переменных между всеми частицами.

- Обратно на шаг 2.

После определенного количества подобных циклов, в наборе останутся наиболее приспособленные частицы, сконцентрированные вокруг реального положения робота.

Реализация с помощью CUDA

1. Модель вычислений CUDA

Технология CUDA реализует модель вычислений типа «сетка». Низшими звеньями в этой модели выступают так называемые «нити», которые выполняют элементарные операции, например, сложение элементов двух векторов. Нити объединяются в блоки, причем мы можем пользоваться тремя измерениями. На практике обычно используются одномерный или двухмерный случаи. Блоки, в свою очередь, объединяются в сетку (*grid*), которая имеет два измерения (рис. 4):

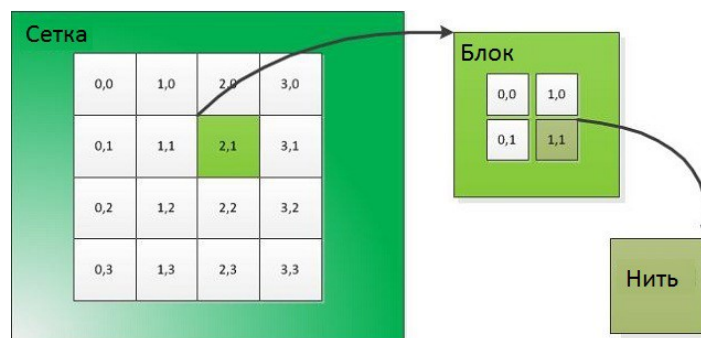


Рис.4. Модель вычислений CUDA

2. Предсказание следующего положения робота

Для реализации данного шага на GPU мы должны запустить ядро (специальное название для функции, выполняемой на GPU), с количеством нитей равным количеству частиц. Аргументами ядра выступают предыдущая позиция робота, показания энкодеров и компаса. Случайные числа для реализации шума генерируются непосредственно на GPU с помощью библиотеки *cuRAND*, поставляемой вместе с *CUDA Toolkit*.

Каждая нить ядра выполняет все необходимые вычисления для соответствующей ей частицы.

3. Моделирование сенсора Kinect

Карта глубины с Kinect поступает на вход ядра CUDA, запущенного для тридцати шести двухмерных блоков размера 107 x 80 нитей. Каждому блоку соответствует свой регион карты глубины. Для каждого блока обрабатываемый участок изображения копируется в разделяемую память

для более быстрого доступа к данным. Далее, с помощью параллельной редукции вычисляется сумма всех элементов в блоке и делится на количество пикселей. Полученное значение записывается в 36-мерный вектор в глобальной памяти GPU. После того, как все блоки завершили работу, полученный вектор с найденными средними значениями секторов подается на вход второго ядра, запущенного для 1 блока из 36 нитей. Данное ядро, также с помощью параллельной редукции, вычисляет максимумы среди шести элементов каждого из столбцов. Полученный в результате вектор из шести элементов поступает на вход ядра, вычисляющего веса частиц.

4. Вычисление весов частиц

Данный шаг реализуется на GPU аналогично предыдущему. Мы вновь запускаем ядро, где каждая нить отвечает за вычисление веса для соответствующей частицы в наборе. На вход ядра поступает вектор данных с сенсора Kinect, а также карта помещения, размещенная в текстурной памяти GPU. Так как карта не меняется со временем, она копируется в память GPU лишь единожды. После проведения вычислений, массив с весами частиц передается в оперативную память для проведения отбора, который на данной стадии работы выполняется полностью на CPU. Это объясняется тем, что наиболее сложная часть алгоритма (непосредственно отбор) не обладает параллелизмом. Проведенные тесты показали, что прирост производительности, полученный при выполнении отдельных шагов отбора, таких как нормализация весов и вычисление средних значений переменных, практически полностью нивелируется временем копирования данных между CPU и GPU. Стоит отметить, что в Jetson TK1 существует унифицированная физическая память для CPU и GPU. Это позволяет устранить задержки, связанные с копированием данных.

Результаты

В качестве тестового стенда был использован ноутбук Sony VAIO с процессором Intel Core i5 3210M и мобильной видеокартой NVIDIA GeForce GT 640M. GeForce GT 640M построен на архитектуре Kepler и содержит два потоковых мультипроцессора со 192 вычислительными ядрами в каждом (всего 384 ядра на чипе). Intel Core i5 3210M имеет архитектуру последнего поколения Ivy Bridge. Два вычислительных ядра работают на частоте 2,5 ГГц.

Для наглядности алгоритм был протестирован на нескольких значениях количества частиц в системе. Результаты, полученные при реализации алгоритма на CPU представлены на рис. 5; результаты, полученные с ускорением на GPU, представлены на рис. 6.

№ частиц	Предсказание (мс)	Вычисление весов (мс)	Отбор (мс)	Нахождение среднего (мс)	В общем (мс)
8000	2,62	8,58	0,08	0,64	11,92
16000	5,33	17,41	0,18	1,3	24,22
32000	10,6	34,54	0,38	2,75	48,27
64000	20,75	71,34	0,89	5,12	98,1
128000	41,76	137,46	1,83	10,39	191,44
256000	82,56	271,75	6,98	20,49	381,78

Рис.5. Результаты производительности при реализации на CPU

№ частиц	Предсказание (мс)	Вычисление весов (мс)	Отбор (мс)	Нахождение среднего (мс)	В общем (мс)
8000	0,57	0,69	0,08	0,64	1,98
16000	1,12	1,25	0,18	1,3	3,85
32000	2,22	2,34	0,38	2,75	7,69
64000	4,42	4,31	0,89	5,12	14,74
128000	8,91	8,22	1,83	10,39	29,35
256000	17,7	16,14	6,98	20,49	69,31

Рис.6. Результаты производительности при реализации на GPU

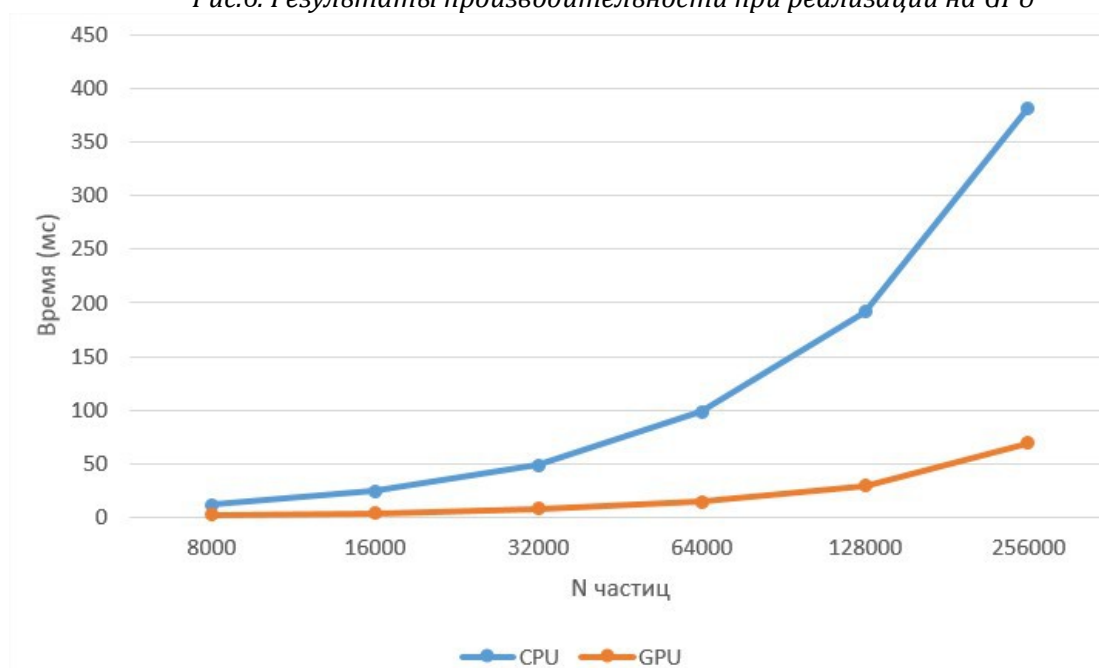


Рис. 7. График производительности алгоритма

Как можно увидеть из рисунков, представленных выше, при ускорении алгоритма на GPU нами было получено повышение производительности более чем в 15 раз по сравнению с реализацией на CPU. Такой значительный прирост связан в первую очередь с переносом на GPU вычисления весов частиц, которое обладает высокой степенью параллелизма. Преимущество параллельного исполнения особенно заметно при большом количестве используемых частиц.

В дальнейшем планируется протестировать алгоритм на одноплатном компьютере Jetson TK1, провести дальнейшие оптимизации

выполнения алгоритма на GPU, а также интегрировать систему локализации в единую систему управления автономным роботом.

Благодарности

Авторы выражают свою признательность заведующему кафедрой интегрированных компьютерных систем управления Института кибернетики ТПУ Лиепиньшу А.В. за возможность получения одноплатного компьютера Jetson TK1, а также Александровой Т.В. за предоставление доступа в лабораторию робототехники бизнес – инкубатора ТПУ для проведения экспериментов.

Литература

1. S. Thrun «Probabilistic robotics» // Wolfram Burgard, 2000
2. N. Wilt «CUDA Handbook: A comprehensive guide to GPU programming» // Addison-Wesley, 2013
3. S. Falahati «OpenNI Cookbook» // PACKT Publishing, 2011
4. NVIDIA Jetson TK1. URL: <http://www.nvidia.ru/object/jetson-tk1-embedded-dev-kit-ru.html>

**СЕКЦИЯ 9. ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Борискина Ю.М.

ГБОУ СОШ №1652 г.Москвы, учитель ИТ; Московский институт открытого образования,
преподаватель кафедры ООТ, bcddcb@rambler.ru

Изменение культуры письменной коммуникации под влиянием ИКТ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Письменная речь, письмо, ИКТ, образование, диктант, текст, письменные сообщения, письменная форма, ошибки.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются формы письменной речи, изменение процесса письменной коммуникации под влиянием ИКТ, основные этапы письменной работы в эпоху компьютеризации, негативные и позитивные моменты влияния информационных технологий на обучение письму.

В течение многих веков коммуникационные процессы между разными людьми существовали в устной и в письменной форме. Любой текст в письменном виде может быть прочитан вслух, то есть озвучен, любой устный текст в свою очередь может быть записан при помощи технических средств- от ручки до диктофона. Безусловно, эти модели и способы передачи информации использовались и используются в обучении, в частности, в преподавании, и что интересно, они радикально менялись и продолжают видоизменяться под воздействием информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Остановимся более подробно на одном аспекте: как изменилась культура письменной коммуникации под влиянием ИКТ, что в настоящий момент мы имеем в школе с письмом и что нас ждет в ближайшем будущем. С образовательной точки зрения, во многих отношениях изменились приоритеты письма, в том числе такие «классические» понятия как чистописание, проверка написанного на выявление ошибок, статичность и неизменность написанного, а скоро возможно сильно изменится под влиянием ИКТ и технология проведения диктантов, контрольного списывания, написание изложений. Компьютеры уже сейчас помогают нам в скорости письма, результаты написанного легко можно сделать доступными для большого количества людей, сам процесс письма можно сделать коллективным, используя, например, «облачные» технологии.

Наверное, каждый согласится, что письмо является очень важной частью жизни, как будничной, повседневной, так и профессиональной. Но что же такое письмо? По определению, это средство выражения мыслей человека с помощью специально созданных условных знаков, которые в

мире информатики носят название «алфавит». Основное назначение письма заключается в передаче речи на расстояние и фиксирование этого процесса во времени.

Есть различия в определении письма разными авторами. Например,

1) "Письменная речь- это вид речевой деятельности, который имеет целью передачу информации в письменной форме в соответствии с ситуацией общения." [1]

2) "Письменная речь представляет собой умение сочетать слова в письменной форме для выражения своих мыслей в соответствии с потребностями общения." [2]

3) "Письмо – это написание сообщения, которое вызывает отклик у читателя, и отклик этот должен соответствовать замыслу автора." [3]

4) Письмо - знаковая система фиксации речи, позволяющая с помощью начертательных (графических) элементов передавать речевую информацию на расстоянии и закреплять её во времени. [4]

В любом случае, понятно, что письмом можно считать не просто пропись букв, графических примитивов в виде символов, но и процесс передачи информации.

Когда несколько лет назад, в соответствие с ФГОС, вводился предмет «Информатика» в 1-х классах, где предполагалось использование Макбуков для ввода текстов и создания документов уже с первых дней обучения в школах, можно было услышать мнение «зачем? Они еще не научились писать ручкой на бумаге, а тут- сразу клавиатура». Действительно, многие из детей, в том числе первоклассников, способны вводить текст с помощью клавиатуры на компьютере быстрее, чем писать на бумаге, и легко могут научиться этому вводу намного быстрее, чем научиться писать. Тем более- красивым почерком, медленно, без ошибок, аккуратно. ИКТ позволяют ребятам приобретать навыки письма, письменного общения без сильной взаимосвязи с кинестетической способностью писать. Никто не отрицает необходимость научиться писать красивым, ясным, каллиграфическим почерком, это очень важно, но с появлением компьютеров в активной учебной жизни школьников это можно делать немного отдельно, параллельно с получением мотивации и вдохновения от письменного общения.

Да, он еще не умеет писать красиво и правильно, но он уже может общаться! Причем в письменной форме. А ведь некрасивая работа не вызывает и у самого ребенка радости, желания работать, делиться написанным с окружающими, «презентовать» результаты письма. Радость же от красиво написанного текста, пусть и с помощью компьютера, это определенная мотивация к письму. Необходимо также помнить о зрительной памяти. У ученика с плохим почерком, который сам не понимает, "п" он написал или это буква "н" вышла, зрительный образ слова так и сформируется – расплывчатый, невразумительный, «непонятно-что-стоящий» на месте нужной буквы. Красота почерка и хорошая

грамотность- педагоги давно считают, что вещи связанные, не зря проводимые исследования показывали, что среди людей неграмотных индивидов с почерком, далеким от каллиграфического, очень много. Хотя, конечно, бывают и исключения. Рукописи Ганса Христиана Андерсена, который был дисграфиком, редакторы отказывались принимать, говоря, что так издеваться над родным датским языком может только полный бездарь, а о каракулях в письме Альберта Эйнштейна, одного из основателей теоретической физики, будущего Нобелевского лауреата, ходили легенды. Правильные по очертаниям, читаемые, красочные буквы, написанные современными детьми на клавиатуре и показываемые на экране монитора или планшета, оставят правильный зрительный образ у ребенка.

Как раз для самых маленьких учащихся одним из важных этапов обучения письму является приобретение и последующее развитие навыка узнавания составных частей буквы, а также техника соединения букв между собой. Использование различных вариантов кроссвордов, чайнвордов, компьютерных мозаик, возможно сделанных самим учителем из готовых прописей, или даже элементы компьютерных обучающих игр, могут быть полезны, понравятся детям и внесут разнообразие в формы, применяемые на уроке.

Существует несколько типов письменной речи с различным содержанием, языковой формой, ритмом структуры, содержанием. Т. Хедж предложила [5] разделить их на шесть основных типов, которые приведены в таблице 1.

Большинство из представленных форм так и просят для применения ИКТ. Многие из перечисленных примеров принято писать в современном мире как раз не «от руки», а используя компьютер и различные текстовые редакторы. В соответствии с принципом связи теории с практикой необходимо использовать окружающую нас действительность не только как источник знаний, но и как область их практического применения. Пишем не просто так, а четко понимая жизненное значение своей письменной работы. Задания на создания такого рода документов должны находить достойное место и на уроках русского языка, и на уроках Информатики и ИТ.

В соответствии с возможностями, которые дает нам на нынешнем этапе ИКТ, процесс создания письменной работы и взрослыми, и учащимися, может быть разделен на три основных этапа: дописьменный период (предписьмо), черновик-проверка-чистовик и послеписьменный период (постписьмо).

Таблица 1 Типы письменной речи (по Т. Хедж)

Тип	Приметы
Учебная письменная речь	Эссе Письменные отчеты Резюме Рецензии Аннотации Тезисы Заметки
Профессиональная письменная речь	Деловые письма Контрольные Объявления Статьи Отчеты Протоколы
Социальная письменная речь	Записки Частные письма Открытки Инструкции Приглашения
Личная письменная речь	Дневники Заметки Рецепты Записи адресов Списки покупок
Творческая письменная речь	Стихи, Песни Рассказы Сценарии
Общественная письменная речь	Письмо-жалоба Письмо-просьба Формуляры Заявления

•Дописьменный этап - прежде всего, это выбор темы или несколько тем, которую (которые) автор письма будет далее раскрывать более подробно, мысленный просмотр и ранжирование, отбор важных аспектов темы, набросок плана и алгоритма построения работы. Автор на этом этапе обязательно должен для себя ответить на вопросы: для кого он пишет и с какой целью он пишет? Ответ на первый вопрос поможет понять, в каком ключе представить работу- дружески, серьезно, с юмором, формально, подробно или кратко. Ответ на второй вопрос определит функцию будущего письма- если это пояснение, то оно должно быть детальным, если это публичное выступление на конкурсе- то должно убеждать, и так далее.

•Период письма, «черновик-проверка-чистовик». Этот этап создания

и редактирования появляющегося текста, перепроверка черновика, его дополнение и исправление, причем обычно именно на этом этапе большее внимание уделяется содержанию и основной идее текста, а не исправлению разного рода орфографических, лексических или пунктуационных ошибок. Т.Хедж говорит, что «...на этом периоде автор часто прерывается, чтобы перечитать текст, лучше понять, как он развивается, перепроверить план, чтобы внести новые идеи и изменения.»[6]

Этот этап очень удобно делать именно с использованием ИКТ- в новой ситуации, с применением компьютерных технологий, недостатки письменной работы могут быть устранены с минимальными затратами труда и времени, новый вариант может быть представлен быстро и наглядно.

•Послеписьменный этап (постписьмо) - это тщательная проверка ошибок в написанном, коррекция синтаксиса и стиля, изменения порядка предложений или слов в предложении, оформление работы, другая работа редакционного типа. Именно в этом периоде автор пытается и сам взглянуть на созданное глазами будущего читателя, и отдает его на суд учителя (или одноклассников) с целью получить «обратную связь». На этом этапе ИКТ тоже сильно внесли коррективы. И дело не только в автоматической проверке орфографии, которая встроена во множество прикладных программ и легка в использовании. Ученики пишут лучше, с большей мотивацией, когда учитель предлагает им современные механизмы для приобретения широкого круга читателей, например, через создание брошюры из написанного, раздачу распечатанного текста на школьном празднике или конференции, опубликование в Интернет или на сайте школы и тому подобное. Причем многие люди могут прочесть это одновременно, в результате вся культура письма в школе меняется, письмо становится более осмысленным и содержательным.

Текст в письменном виде ориентирован на восприятие информации человеком через органы зрения, именно в силу этого он обладает четкой и формально-алгоритмической организацией: присутствует постраничная нумерация, разделение текста на абзацы и параграфы, принята система ссылок, шрифтовые видоизменения и тому подобное. Умело используя правила визуализации информации, подбирая правильные начертания шрифтов, их выделения, цвета текста и фона можно с помощью средств инфографики добиться более быстрого схватывания информации, ее лучшего понимания и длительного запоминания.

При чтении письменного текста вдумываются, осмысливают написанное, при этом просматривая глазами и возвращаясь к сложным фрагментам текста не раз. И одновременно- выверяют допущенные описки, которые часто возникают в первую очередь из-за быстроты набивания текста на клавиатуре. Есть такое мнение: компьютер способствует неряшливой, неграмотной, непродуманной речи. Причина понятна: когда человек набирает текст, зрительное внимание при этом сосредоточив на

клавиатуре, а не на экране монитора, то он просто не видит опечаток, неточностей, своих ошибок. В отличие от того случая, когда пишет от руки на листе бумаги, соответственно, все внимание сконцентрировав на том, что в данный момент пишется, на самих графических начертаниях символов слов. Думается, что говорить в этой связи что компьютер способствует неграмотности, влияет на нее и провоцирует все же не правильно. Если человек грамотный- он и работая на клавиатуре будет писать достаточно грамотно, нужно просто обратить пристальное внимание на третий этап работы с письменным текстом- на постписьмо.

Одним из великолепных возможностей современного компьютера является менять все, что написано, в любое время. А как же быть с русскими поговорками «Слово не воробей- вылетит- не поймаешь», «Что написано пером, не вырубишь топором», отражающих необратимый характер письменной коммуникации? Приходится признать, что ИКТ и тут внесло свои коррективы. Теперь это справедливо, скорее, для устной коммуникации, чем для письма. Мы можем хранить все варианты статей или сочинений, причем все изменения можно без труда отследить. Получается, что «цифровое» письмо близко к идеалу по своей гибкости. Внести изменения теперь получается быстрее, чем понять необходимость такого внесения! В сфере образования ученики могут и должны освободиться от страха необратимых, «фатальных» ошибок. В целом, письмо на данный момент времени становится близким к другим видам созидательно-конструирующей деятельности, которая обычно состоит из разработки плана, использование частей старой работы в новом тексте, различные этапы критики, отладки и представления продукта деятельности, в данном случае- письменных материалов.

Ученики в классе, или при выполнении домашнего задания, могут в настоящее время делать совместные письменные работы. Это еще один интересный аспект современного видоизменения работы с текстом, с письмом. Такой навык сотрудничества, практика совместной работы важна для взрослой жизни учащихся, но обычно указанную форму деятельности в традиционной школе игнорируют. Умение посылать написанное через социальные сети, через электронную почту, размещать в блогах или форумах дает возможность учащимся получить комментарий от другой «публики», вне школьного сообщества. «Облачные» технологии, например, Google-документы, позволяют хранить и систематизировать свои документы, вносить коррективы и автором текста, и его проверяющим (учитель) или читающим (друзья, коллеги, одноклассники). Совместно создавать и редактировать письменные документы, создавать рассказы с продолжением, «вычитывать» документы друг друга и многое другое- уже не вымысел и далекое будущее, а самое что ни на есть настоящее.

Некоторые моменты письма, на которые повлияло ИКТ, не столь однозначно позитивно расцениваются в обществе, и учителями в частности. Например, так произошло с автоматической проверкой

правописания. То, что раньше требовало больших знаний, заметных усилий, с появлением этой функции стало простой задачей. Не призывая всегда использовать этот удобный ресурс на всех предметах в школе, тем не менее стоит сказать, что игнорировать его тоже нельзя- это будет означать оставить в школьном содержании элемент, к которому все реже во взрослой жизни в ответственных ситуациях ученики будут обращаться. Принимать или не принимать такой инструмент ИКТ как автоматическая проверка правописания- позиции разделились, но реальность говорит «да», принимать, и вводить его в образовательных процесс. И не забывать, что такую проверку можно выполнять не только по мере ввода текста, а и по всему документу сразу, просто изменив настройки программы. Можно использовать этот прием как интересное упражнение в плане самоконтроля ученика: написал текст «без подсказок», проверил сам, а теперь- включай «автоматическую проверку» и посмотри, есть ли ошибки, все ли ошибки и описки ты сам нашел, или компьютер все-таки «помог».

Еще один негативный момент влияния ИКТ на использование письменных работ учащихся, с которым многие учителя сталкиваются- это разработка рефератов, докладов, выполнение информационных проектных работ. Довольно быстро ученики открыли простой и эффективный способ написания, а точнее «написания» рефератов- розыск в сети Интернет аналогичного реферата, и его скачивание, иногда даже без изменений. Безусловно, этот вид обмана ни к чему хорошему привести не может. В помощь учителю: инструменты проверки на антиплагиат, воспитательные беседы с учащимися об авторском праве, формирование культуры работы с источниками материала, уважительное отношение, и критическое осмысление чужих идей. Изучил других- хорошо, ссылки дать не забыл? а что ты сам думаешь по этому вопросу? В чем твоя новизна мысли?

Не только рефераты, но и такую классическую форму письменной работы, как диктант, тоже можно радикально изменить с помощью ИКТ. Можно записать речь учителя, например, аудиозаписью на компьютере, а потом попросить учеников переписать сказанное устно в соответствии со стандартами и правилами письменной речи. Преимущества такого диктанта: учащиеся работают в комфортном, удобном для себя темпе, у учителя есть возможность отслеживать продвижение каждого ученика через сеть, или просто подходя к экрану, вовремя «надиктовав» или передав предварительно записанный еще кусочек текста, формируется практический важный навык дешифровки устного текста. Именно цифровые технологии создают удобный микроклимат для такого рода занятий: замедление при необходимости темпа, разбиение текста на кусочки и его разметка, возможность повтора (повторного прослушивания) в случае неясностей, иногда есть возможно видеть говорящего (если совмещать диктанты с видеозаписью).

В современном мире потребность использования письменных сообщений не уменьшается. Не обладая этим навыком, люди не смогут

пользоваться всеми возможностями Интернета, сделать какой-либо заказ, написать правильный поисковый запрос, даже просто написать письмо другу или резюме при устройстве на работу. Компьютеризация процесса обучения, новые технологии, оказали и продолжают оказывать значительное влияние на саму сущность процесса письменной речи, а применение ИКТ позволяет решать множество задач в части развития культуры письма. Но нужно четко понимать, что информационно-коммуникационные технологии в этом вопросе не панацея, а просто одно из актуальных, перспективных и интересных средств.

Литература

1. Методика преподавания русского языка как английского/ Под ред. А.Н. Щукина – М., 1990, стр. 133
2. Методика/ Под ред. А.А. Леонтьева – М., 1988, стр.142
3. Паррот М., Задания для учителей иностранного языка; СУР, 1993, стр.211
4. Большая советская энциклопедия в электронном виде, адрес доступа <http://bse.slovaronline.com/>, проверено 7.10.2014
5. Балыхина Т.М. , Методика преподавания русского языка как неродного (нового): Учебное пособие для преподавателей и студентов. - М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 2007, стр. 21
6. Hedge, T. Writing. OUP, 1988, стр.23
7. Сотниченко А.Н., Влияние ИКТ на эффективность и качество образовательного процесса, опубликовано 5.11.2013, адрес доступа <http://nsportal.ru/blog/detskii-sad/all/2013/11/05/vliyanie-ikt-na-effektivnost-i-kachestvo-obrazovatel'nogo-protssessa>

Давлеткиреева Л.З.¹, Скокова И.К.²

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, к.п.н, доцент кафедры прикладной информатики Института энергетики и автоматизированных систем, ldavletkireeva@mail.ru

² Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, студентка кафедры прикладной информатики Института энергетики и автоматизируемых систем, skokova0567@mail.ru

Инновационные информационно-педагогические технологии в образовании: опыт проведения ежегодной одноименной Интернет-конференции-конкурса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Интернет, конференция, Интернет-конференция, участники, веб-технологии, мероприятие.

АННОТАЦИЯ

Основное содержание исследования составляет анализ проведения мероприятия на основе Интернет-конференции-конкурса «Инновационные информационно-педагогические технологии в образовании», где рассматриваются ключевые этапы. В работе выделены, описываются по форме Интернет-конференции методика и рекомендации, которые являются вспомогательными инструментами для решения проблем, связанные с конференциями. В качестве исследовательской задачи была определена попытка оценить развитие мероприятия, которое проводится с помощью веб-технологий.

На сегодня обсуждение ряда проблем является актуальным вопросом во всех сферах общества. В условиях, когда к определенным областям знаний возникают разногласия, то уже невозможно обойтись без конференций, презентаций, семинаров и т.д. И главной задачей является грамотная организация подобных мероприятий. Очень важно, чтобы эти мероприятия были хорошо продуманы и спланированы.

Конференция – форма организации научной деятельности, при которой исследователи представляют и обсуждают свои работы [2]. Конференции имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными семинарами и тренингами. Самое важное из которых то, что выступление участников на похожие темы позволяет рассмотреть вопрос с нескольких сторон, исчезает однобокость, присущая при обучении одним преподавателем. Конференции позволяют услышать о различных подходах к решению одной задачи. Тематика конференций различна: технические науки, естественные науки, общественные и гуманитарные науки [2].

С ростом информационных технологий (ИТ) выросли возможности образовательной деятельности такие как обучение, тестирование, так и проведение научных мероприятий. Интернет-конференциями являются конференции, которые проводятся на сайте конференции или организации, чаще всего на форуме, в виде коллективного обсуждения [5].

С 2010 года проводится Международная Интернет-конференция-конкурс «Инновационные информационно-педагогические технологии в образовании» (ИП-технологии).

Целью конкурса является поддержка и стимулирование педагогического творчества вузовских преподавателей и школьных учителей в условиях информатизации общества и системы образования; создание постоянно действующей профессионально-ориентированной ИТ для формирования и развития общедоступной электронной библиотеки лучшей преподавательской практики и инновационных педагогических решений, использующих новые информационные технологии в образовании [6].

Главной задачей конференции-конкурса является

Инновация (от лат. *in* – в, *novus* – новый) означает нововведение, новшество. Инновации в образовании – процесс совершенствования педагогических технологий, совокупность методов, приёмов и средств обучения. Образовательные инновации рассматриваются с различных позиций с учетом специфики проблематики (см.рис.1), а также даются различные критерии для характеристики степени инновационности (см.табл.1).

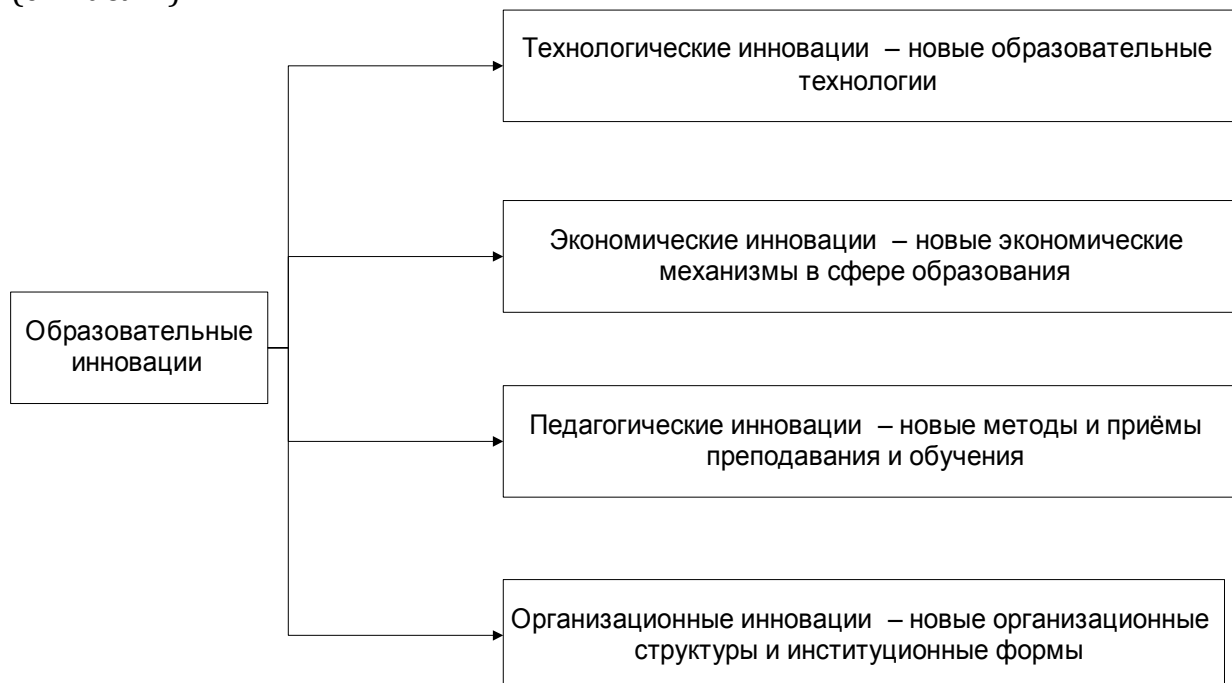


Рис. 1. Классификация образовательных инноваций

Таблица 1 – Характеристика критериев понятия «инновация»

№	Автор	Ссылка	Критерии	Описание
1	Пекарских Н.И.	Н.И.Пекарских. Управление инновационной деятельностью педагогов.	актуальность	соответствие инновации социокультурной ситуации развития общества
			новизна	степень оригинальности инновационных подходов, комбинирование известного, представляющего в совокупности новизну
			образовательная значимость	степень влияния инновации на развитие системы образования в целом
			общественная значимость	воздействие инновации на развитие системы образования в целом
			полезность	практическая значимость
			реализуемость	реалистичность инновации и управляемость инновационных процессов
2	Зубарева Э. В.	Э.В.Зубарева. Система работы по формированию, обобщению и диссеминации опыта инновационной педагогической деятельности.	актуальность	соответствие инновации социокультурной ситуации развития общества
			новизна	степень оригинальности инновационных подходов, комбинирование известного, представляющего в совокупности новизну
			высокая результативность	практическая ориентированность, диагностика и анализ результатов, наличие положительных отзывов
			оптимальность	максимальное удовлетворение поставленным требованиям
			стабильность	способность инновации функционировать, не изменяя собственную структуру, находиться в «равновесии»
			научность	инновация должна быть основана на принципах науки, отвечать требованиям науки
			технологичность	эффективность, гарантируемость результата, его воспроизводимость при соблюдении необходимых условий и обозначенной

				логики педагогических действий.
			востребованность	необходимость применения инновации в педагогической деятельности
3	Подымова Л.С., Сластёнин В.А.	В.А.Сластенин, Л.С. Подымова Педагогика: Инновационная деятельность.	новизна	степень оригинальности инновационных подходов, комбинирование известного, представляющего в совокупности новизну
			оптимальность	определяет величину затраченных преподавателями и студентами сил и средств для достижения наиболее успешных результатов
			результативность	определенная устойчивость положительных результатов в деятельности педагогов
			возможность творческого применения в массовой практике	инновации, творчески освоенные отдельными преподавателями, после апробации и объективной оценки могут быть рекомендованы и к массовому внедрению
4	Елютина А.А.	А.А. Елютина. Мониторинг инновационных процессов в школе.	нацеленность инноваций на решение приоритетных направлений и целевых установок развития школы	новшество решает актуальные задачи и вопросы педагогики
			новизна и оптимальность решения поставленных задач	критерий, который означает, что решение поставленной задачи максимально удовлетворяет поставленные требования, причем данное решение ранее не было использовано в педагогике
			мотивационный критерий	критерий, учитывающий наличие мотивов обучения в ходе образовательного процесса
			здоровьезатраты участников образовательного процесса	валеологический аспект, предусматривающий формирование, сохранение и укрепление здоровья обучающихся

				педагогическими средствами
			критерий результативности	получение качественно новых результатов
			возможность широкого «тиражирования» инновации и выделения определенной научной идеи	использование результатов инновационной педагогической деятельности в дальнейшем развитии образования и общества в целом, использование в различных областях человеческой деятельности
5	Мойсеюк Н. Е.	Н. Е. Мойсеюк. Педагогика: Учебное пособие. — 3е изд., доп. — К., 2001.	актуальность	критерий, который означает, что опыт направлен на решение важнейших проблем обучения, воспитания и развития учащихся
			оригинальность	подразумевается, что используются формы, методы, приемы, средства или их системы, которые еще не применялись в условиях современной школы
			высокая эффективность	опыт можно считать передовым только тогда, когда педагогом достигнуто высоких по сравнению с массовой практикой результатов обучения, воспитания и развития
			стабильность результатов	передовой педагогический опыт характеризуется стойкой эффективностью и стабильностью результатов в течение длительного времени
			оптимальность	оптимальными являются те инновации, которые достигают высоких результатов при наименьших физических, умственных и временных затратах
			возможность творческого применения передового педагогического опыта в массовой практике	использование результатов инновационной педагогической деятельности в дальнейшем развитии образования

6	Цыркун И. И.	И. И. Цыркун. Система инновационной подготовки специалистов гуманитарной сферы.	степень превосходства	преимущества относительно других нововведений
			совместимость	степень соответствия той или иной системе ценностей
			сложность	степень простоты и легкости для понимания, использования или приспособления к нему
			простота апробации	апробация в ограниченных масштабах
			коммуникативность	возможность его распространения
7	Игошев Б. М., Новоселов С. А.	Б. М.Игошев, С. А. Новоселов. Правовые аспекты повышения качества педагогических инноваций.	новизна	педагогическая инновация признается новой, если она не известна из уровня развития образования и педагогической науки
			неочевидность	для специалиста явным образом не следует из уровня развития образования и педагогической науки
			полезность	повышение качества образовательного процесса, повышение интеллектуальной активности обучающихся
			воспроизводимость	воспроизведение любым компетентным педагогом всех признаков педагогической инновации приводит к заявленному положительному эффекту
			отсутствие побочных отрицательных эффектов	отсутствие побочных эффектов, связанных с инновацией (н-р, ухудшение здоровья учащихся и педагогов, ухудшение экологической ситуации и т. п.)

Главное отличие инновационного образовательного учреждения от традиционного состоит в создании условий для развития всего потенциала личности, чтобы быть готовой к любому, даже непредвиденному будущему, и способной адаптироваться к новым ситуациям.

Педагогические инновации – это нововведения в области педагогики, целенаправленное прогрессивное изменение, вносящее в образовательную среду стабильные элементы (новшества), улучшающие характеристики как отдельных ее компонентов, так и самой образовательной системы в целом.

Согласно проведенному анализу можно выделить следующие наиболее применяемые на практике критерии инновационности, отображенные на рис.2.



Рис. 2. Критерии педагогических инноваций

Под *новизной* будем понимать степень оригинальности инновационных подходов, комбинирование известного, представляющего в совокупности новизну.

Актуальность представляет собой соответствие инновации социокультурной ситуации развития общества, опыт направлен на решение важнейших проблем обучения, воспитания и развития учащихся.

Под *результативностью* понимается получение качественно новых результатов, практическая ориентированность, наличие положительных отзывов.

Возможность применения в массовой практике является последним, но не менее важным критерием. Инновации, творчески освоенные отдельными преподавателями, после апробации и объективной оценки могут быть рекомендованы и к массовому внедрению.

Данные критерии позволяют определить какие работы, представленные на сайте конференции-конкурса могут быть в числе победителей и лауреатов. Основу для педагогического творчества создает знание данных критериев и умение их использовать при оценке педагогических инноваций. Четкое представление о их содержании и критериях, владение методикой их применения позволяют как отдельным педагогам, так и руководителям подразделений и учебных заведений объективно оценивать и прогнозировать их внедрение.

На рис.3 рассмотрен схематичный план проведения мероприятия, который можно условно разделить на 3 этапа [7]:

- Подготовительный этап. Как и любой проект, конференция начинается с идеи. Конференция может быть посвящена какому-либо событию или проблеме, которая актуальна на сегодняшний день. Идея мероприятия должна пройти процедуру принятия решения на коллегиальном органе учреждения – собрании трудового коллектива, заседании у директора, ученом совете и т.д. Решение реализуется в приказе. Данный приказ является юридическим документом о проведении конференции. Где прописаны ответственные лица, форма конференции, тематика, план проведения. Следующей задачей является – оповещение участников мероприятия. Оповестить можно несколькими способами: объявление на сайте конференции, адресные письма, в других – рекламные, коммерческие или информационные письма. Текст предстоящего мероприятия должен содержать нужную информацию (вид конференции, тематика, организаторы, основные участники, дата проведения, требования к оформлению, контактная информация). Также нужно подготовить портал Интернет-конференции, техническое и программное обеспечение. Конференция проходит дистанционно, то должна быть возможность длительного хранения размещенных материалов на веб-сервере. Желаящие принять участие, должны пройти процедуру регистрации. Работы должны быть высланы на портал до определенного числа, для того чтобы администратор мог ознакомиться с текстом и по необходимости выслать обратно, для исправления;

- Основной этап. На данном этапе проходит сама конференция. Загруженные в информационную базу материалы обрабатывались экспертной группой для их анализа, оценки, рейтингования;

- Заключительный этап. После того, как основная часть Интернет-конференции завершилась, нужно узнать мнение у участников, требуется найти и выбрать критерии, чтобы оценить эффективность Интернет-конференции, а также публикация материалов конференции.

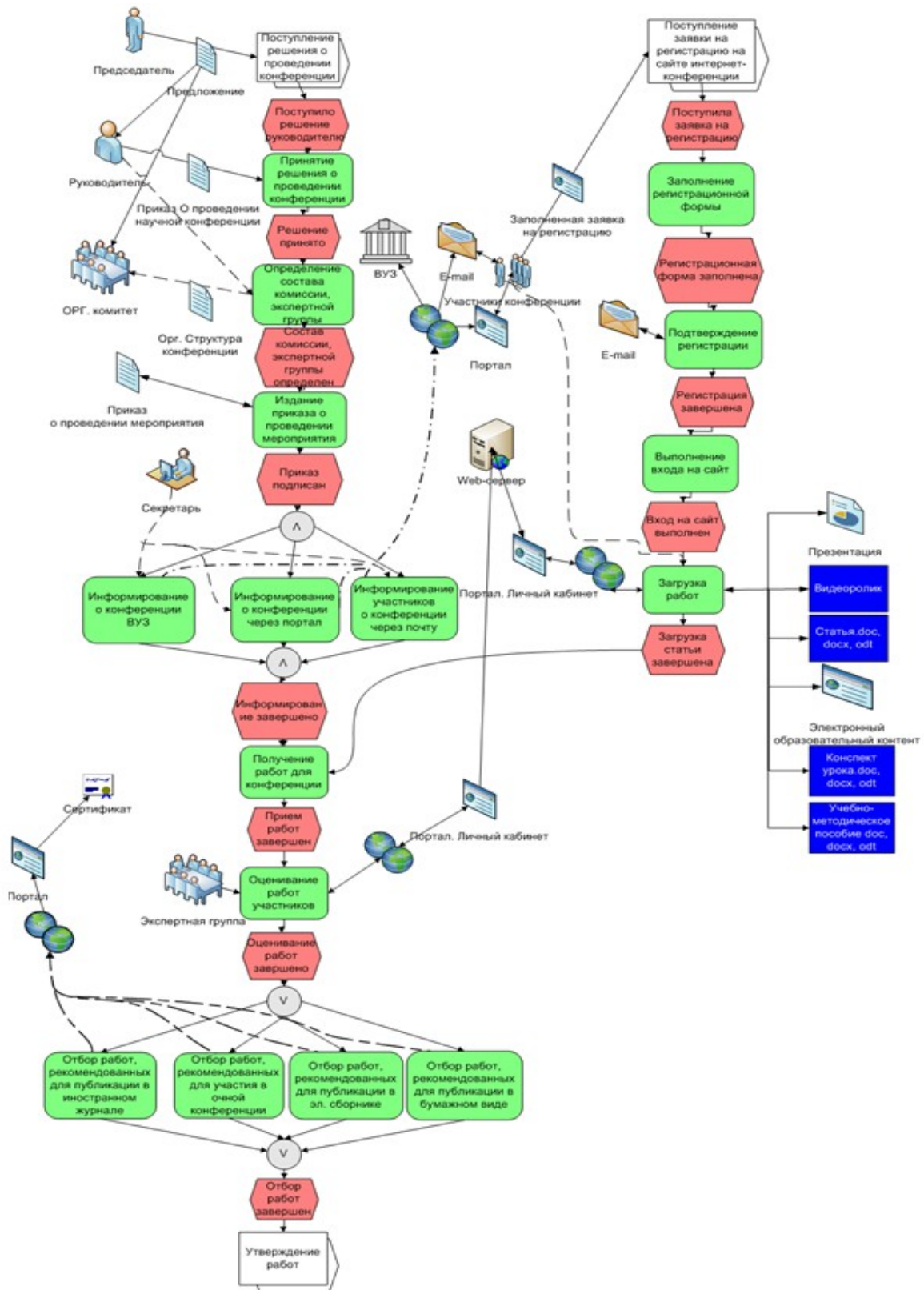


Рис. 3. Модель ЕРС. Проведение Интернет-конференции

Существует несколько методик и рекомендаций для успешного проведения конференций:

4.«Методика проведения научной конференции» (Гафитулин М.);

5.«Научные конференции для чайников: тезисы и выступления» (Кислова М.);

6.«Действия докладчиков до – во время и после конференции» (Викентьевым И.);

7.«Как эффективно провести конференцию, семинар и выставку» (Пасмуров А.).

Наиболее подходящими и адаптируемыми для Интернет-конференции являются: «Методика проведения научной конференции» - для организации выступления, «Действия докладчиков до – во время и после конференции» - для взаимодействия докладчика с организатором.

Методика проведения научной конференции была разработана мастером Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) Маратом Гафитулиным [8]. Но данная методика предназначена для конференций очной формы. Для определения характеристики выступления слушателя и докладчика, данную методику нужно описать с точки зрения проведения Интернет-конференции.

На конференции всегда взаимодействие происходит между слушателем и докладчиком, независимо от статуса участника. Слушателями могут выступать несколько лиц – это организатор, эксперт, участник. Докладчиком выступает участник конференции. Так же в современных реалиях можно выделить ещё одну роль – спонсор.

Перед докладчиком стоит задача правильно преподнести свой материал. От того как он выразит свою мысль, зависит оценка слушателей. По данной методике автор выделяет 5 групп «по кодированию тезисов конференции». Группы, описание типов представленных работ, а также характеристики участников и действия докладчиков конференции представлены в табл.2-4.

Таблица 2 – Описание групп представления тезисов

Код	Описание
А	Автор обозначил только саму проблему
Б	Автор обозначил проблему и дал ее анализ
В	Автор обозначил проблему, дал ее анализ и предложил вариант решения проблемы
Г	Автор обозначил проблему, дал ее анализ, предложил вариант решения проблемы и показал результаты решения
Д	Автор обозначил проблему, дал ее анализ, предложил вариант решения проблемы, показал результаты решения и обосновал новые проблемы

Перед слушателями также стоят свои задачи. С точки зрения экспертной группы – оценка работы, а с точки зрения другого участника – получение новой информации. В процессе анализа работ у слушателей могут возникнуть вопросы, связанные с развитием и применением.

Таблица 3 – Характеристика участников Интернет-конференции

Основные лица конференции		Цель	Характеристика категорий материала
С л у ш а т е л ь	Организатор	Привлечение целевой аудитории для получения новой полезной информации, обмена мнениями и опытом	Проанализировать проблему, выявить актуальность темы
	Эксперт	Удовлетворить интерес Докладчика оценкой и мнением о работе	Подтвердить наличие указанной проблемы, пути ее решения Проанализировать проблему и определить свои пути решения, обозначить правильность анализа
	Участник	Получить новую информацию	Ознакомиться с материалом, сделать выводы по работе
Докладчик-участник		Удовлетворить интерес Слушателей своей темой	Представление материала по группам, рассмотренных в табл. 1
Спонсор		Издание и распространение публикаций, предоставить возможность для обсуждения перспектив технологий для решения задач науки и техники	Проанализировать проблему и предложить дальнейшее сотрудничество автора с указанной темой

Данная методика позволяет проанализировать взаимодействие между участниками конференции и их дальнейшими событиями.

Существенную роль в мероприятии играют ее участники. Во-первых, их количество определяет актуальность и престижность конференции; во-вторых, взаимообмен научными идеями происходит даже в перерывах между докладами; в-третьих, они определяют уровень проведения конференции (Международный, Всероссийский, Региональный и т.д.).

В связи с этим рассмотрим рекомендации, сформулированные Викентьевым И.Л. «Действия докладчиков до – во время и после конференции» с точки зрения Интернет-конференции, так как в них любой участник априори является докладчиком [1].

Таблица 4 – Действие докладчика

Действия докладчика	Зачем это нужно и «как правильно»
До конференции	
Прочитать информацию о предстоящей конференции (организаторы, сроки, тематика, спонсоры, публикации, требования к оформлению)	Для того чтобы иметь представления и потом не возникало вопросов об организационных моментах в последний день
Информирование о конференции через электронную почту, социальные сети возможных участников конференции	Поиск единомышленников, новый круг общения
По всем вопросам, связанные с проведением конференции, оформлением работы, обращаться, обращаться в оргкомитет (через электронную почту или через портал)	Вот правильная психологическая модель: Вы работаете на профессиональное сообщество, часть сообщества – по мере сил, работает на Вас. Но Оргкомитет Вам точно поможет [1]
На портал необходимо загружать работу, оформленную по требованиям. Материал должен быть проанализирован и переработан	Необходимо оргкомитету для возможности ознакомиться с работой и учесть недостатки. В случае если недостатки обнаружены, то работы высылается обратно для ее доработки
Во время конференции	
Не стоит беспокоить орг. комитет по вопросам результатов мероприятия. Всю необходимую информацию можно получить по электронной почте или на портале	Оценка работ зависит от масштаба мероприятия, количества участников, объема работ. Возможно, конференция завершилась не по заявленной дате из-за технических или программных сбоев
После конференции	
Получить документ об участии в конференции на портале или по почте	Данный документ будет являться доказательством в том, что Вы приняли участие в данном мероприятии
В дальнейшем Вы можете предложить тематику мероприятия и варианты тем актуальных вопросов	Подобная практика позволяет оргкомитету заранее планировать работу с докладчиками и повышать качество цикла конференций [1]

Рассмотрение методик позволило провести анализ специфических характеристик организации Интернет-конференции и адаптировать их под данную форму. Результатом явились рекомендации по проведению мероприятия с дистанционными возможностями.

Развитие ИКТ дают нам возможности, которые облегчают работу по

организации и участию в конференции. Но при реализации мероприятия на этапах проведения присутствуют определенные проблемы: формирование оценки работ; просмотр материала после конференции; информирование участников о следующей конференции и т.д. Данные проблемы позволяют нам сделать шаги для улучшения веб-пространства.

Интернет-конференции предоставляют нам большие преимущества для образовательного процесса. Но для эффективного процесса необходима работа программных и технических средств, прежде всего – это «профессионально-ориентированная информационная технология». Она является основным инструментом, дает возможность взаимодействовать между собой участников конференции. Основными требованиями технологий для Интернет-конференции являются информативность, доступность, простота использования, результативность.

Публикация выполнена в рамках работы над проектом РГНФ № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Литература

1. Викентьев И.Л. Действия докладчиков до-во время и после конференции//Создание изобретений. URL: <http://vikent.ru/enc/6632/>.
2. Давлеткиреева, Л.З., Сухомлин, В.А. Обзор трудов III Международной Интернет-конференции «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе IT-образования –2013» / В.А. Сухомлин, Л.З. Давлеткиреева // Современные информационные технологии и IT-образование [Текст]: сб. избранных трудов VIII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. – 829 с. – С. 648-671
3. Махмутова, М.В., Давлеткиреева, Л.З. Инновационный подход к технологии подготовки IT-специалиста в университете [Текст] / Махмутова М.В., Давлеткиреева Л.З. // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование, 2013. – № 2. – С. 103-116. – Библиогр.: с. 115.
4. Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З., Малахова, И.В. Аудит информационной инфраструктуры компании и разработка IT-стратегии [Текст]: монография / О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева, И.В. Малахова. – Магнитогорск. – Изд-во Магнитогорск.гос. ун-та, 2012. - Библиогр.: с. 224. – 500 экз. – ISBN 978-5-86781-967-5
5. Сайт «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе IT-образования-2014». URL: <http://ip2014.it-edu.ru>.
6. Сухомлин, В.А., Давлеткиреева, Л.З. Интернет-конференция-конкурс как технология сбора лучшей практики и творчества преподавателей [Текст] / В.А. Сухомлин, Л.З. Давлеткиреева, Е.В. Андропова, Н.Е. Иванов, А.В. Якушин // Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. – 2012. – № 4. – 360 с. – С. 86 - 98.
7. Технологические и организационные особенности проведения Интернет-конференций. URL: <http://www.sibdisnet.ru/provedinetkonf.html>.
8. Федоров А. Методика проведения научной конференции//Идея простых решений. URL: <http://ideafor.info/?p=1802>.
9. Чумаков, С.Н., Давлеткиреева, Л.З. Использование веб-аналитики для развития бизнеса в Интернете [Электронный ресурс] / С.Н. Чумаков, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации, 2013. – № 11 (31) . – С. 7. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2013/11/28641>

Копылова Н.А.¹, Ургапов В.А.²

¹ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань, к.п.н., доцент кафедры иностранных языков, nakopylova@yandex.ru

²ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань, аспирант кафедры «Информационно-измерительная и биомедицинская техника», vurgapov@yandex.ru

Опыт организации сетевого взаимодействия вузов города Рязани

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Инновационная технология, взаимодействие, сетевое взаимодействие, горизонтальное взаимодействие, сетевая организация, сокет, подпрограмма-клиент, подпрограмма-сервер.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы, связанные с организацией сетевого взаимодействия вузов России, приводится пример организации сетевого взаимодействия основных вузов города Рязани на основе специально разработанной программы.

В современных условиях социокультурная обусловленность образования приводит к необходимости поиска научно обоснованных путей обновления всех компонентов образования, а также деятельности субъектов, что чётко обозначено в новой редакции Федерального закона Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации" [5].

Эффективность инновационных процессов в образовательной среде того или иного региона нашей страны во многом обуславливается готовностью образовательных учреждений следовать современным приоритетам развития системы образования: обеспечение открытости образовательных учреждений; развитие демократического, государственно-общественного характера управления образовательными учреждениями; укрепление социального партнёрства школы и общества; реализация новых подходов к отбору содержания образования для достижения его нового качества; совершенствование образовательного процесса и обновление системы оценки достижений учащихся.

В настоящее время в нашей стране сетевое взаимодействие становится современной высокоэффективной инновационной технологией, которая позволяет образовательным учреждениям не только выживать, но и динамично развиваться [1].

В сфере образования сетевое взаимодействие понимается как горизонтальное взаимодействие между образовательными учреждениями

по распространению функционала и ресурсов, и рассматривается как "система связей, позволяющих разрабатывать, апробировать и предлагать профессиональному педагогическому сообществу инновационные модели содержания образования и управления системой образования, это способ деятельности по совместному использованию ресурсов" [4, 253].

Основаниями появления сетевых форм взаимодействия являются: укрупнение ресурсов в условиях хронического дефицита основных средств; национальный образовательный стандарт; появление профессиональных сообществ; интеграция в глобальные процессы; постепенный переход от формальных установок на управление образованием к программно-целевым методам управления; изменение состава участников процессов управления и обозначившийся переход к полипрофессиональным кооперативным связям.

Применительно к сфере образования А.И. Адамский [3] выделяет следующие характеристики « сетевого взаимодействия » в противовес несетевому:

1) В центре сетевого взаимодействия находится не информация сама по себе, а персона и событие.

2) Персонами могут выступать авторские коллективы, носители инновационных педагогических технологий.

3) Событие предполагает ориентацию на решение некоторой задачи, для чего и инициируется событие. Причём событие инициируется персонами, заявляющими таким образом об актуальной потребности в решении этой задачи.

4) Нормы деятельности задаются не сверху, а естественным образом вырабатываются внутри сети образовательных учреждений, основываясь на реалиях деятельности каждого участника сети.

Исследователями убедительно доказано, что качество и эффективность профессионального образования в регионе должны обеспечиваться не отдельными учебными заведениями, а их целостной сетью, что продиктовано требованием экономически целесообразного целевого распределения и использования всех типов ресурсов. Не менее важно включить в пространство профессионализации на взаимовыгодных условиях образовательные ресурсы всех заинтересованных сторон, в том числе внешних по отношению к системе образования (например, перенося производственное обучение и производственную практику на предприятия и фирмы или вовлекая работодателей в процедуры оценки качества образования и т.д.).

Сетевое взаимодействие решает две базовые задачи: поддержание и развитие взаимодействия в некоторой проблемной или задачной зоне и порождение новых отношений, изменения самих субъектов сети. В центре сетевого взаимодействия находится не информация сама по себе, а персона и событие. Первый компонент – "персоны" – конкретные участники, авторские коллективы, носители инновационных педагогических

технологий. Вторым компонентом – "событие", предполагающее ориентацию на решение задачи или с какой целью инициируется событие.

Учёные выделяют пять основных характеристик сетевой организации: независимость членов сети, множественность лидеров, объединяющая цель, добровольность связей, разнообразие уровней взаимодействия.

Ключевыми характеристиками сетевого взаимодействия являются: пространство, информация, время, энергия, ресурсы, инициатива, активность, инновационность [6; 7].

Взаимодействие в социуме, в образовании – это процесс воздействия индивидов, социальных групп, институтов или общностей друг на друга в ходе реализации интересов, предполагающий установление связи между деятельностью специалистов разного профиля [4, 253].

Направления и виды сетевого взаимодействия в образовании самые разные (направления – международные, российские, региональные, межвузовские и внутривузовские; виды взаимодействия – взаимная информация, согласование, совместная деятельность, взаимообмен, взаимопомощь, взаимное обучение, взаимная поддержка, технологическое сопровождение и др.). Содержание же взаимодействия зависит от разнообразия профессиональной деятельности и специфики соответствующих структурных подразделений.

Типы образовательных ресурсов, которые могут быть использованы как сетевые, представлены пятью обобщёнными группами [2]:

Кадровые ресурсы – высококвалифицированные преподаватели и мастера производственного обучения, владеющие современными производственными и педагогическими технологиями; специалисты по образовательным технологиям, методикам обучения, частным методикам в подготовке кадров технической направленности, эксперты в области оценки профессиональных квалификаций.

Информационные ресурсы – базы данных, аккумулирующие информацию о новейших производственных технологиях, тенденциях и разработках в технических областях производства товаров и услуг, о рынках труда специалистов технической направленности и тенденциях их развития, изменениях требований работодателей к качеству профессиональной подготовки в данном сегменте рынка труда; электронные библиотеки; мультимедийные продукты и т.д.

Материально-технические ресурсы – лабораторная база, специализированные помещения (цеха и полигоны), учебно-производственное оборудование, инструменты и материалы, в том числе реальное производственное оборудование, используемое в образовательных целях, а также учебные аналоги оборудования (компьютерные модели, тренажёры, имитаторы и т.д.).

Учебно-методические ресурсы – основные и дополнительные профессиональные образовательные программы, профессиональные

модули по современным производственным технологиям и методам их освоения; методические материалы (пособия, рекомендации для педагогов и учащихся и т.д.); диагностический инструментарий для оценки уровня освоения учебного материала; компьютерные обучающие и диагностирующие программы.

Социальные ресурсы – налаженные партнёрские связи с предприятиями и организациями реального сектора экономики региона; "горизонтальные" связи в профессионально-педагогическом сообществе региона; связи с общественными объединениями и некоммерческими организациями, выражающими интересы работодателей данного сегмента рынка труда, профессиональных сообществ и т.д.

Сетевая организация образовательных ресурсов, имеющих в отдельных единицах сети, другими учебными заведениями на основе взаимовыгодных соглашений, выступает одним из стратегических решений в рамках модернизации региональных систем профессионального образования.

В настоящее время вопросы, связанные с созданием сетевой организации образовательных учреждений является актуальным. Многие школы, вузы, образовательные учреждения дополнительного образования стремятся к созданию единой системы подобных организаций.

М.М. Чучкевич выделяет пять основных характеристик сетевой организации [6; 7]:

1. *Независимость членов сети* – члены организации имеют определённую степень свободы, достаточную для возможности определять приоритеты по характеру и направленности собственной деятельности и нести ответственность за конечный результат.

2. *Множественность лидеров* – понятие лидерства в сети не совпадает с понятием лидерства в организациях, построенных по принципу административной иерархии. Лидер в сетевой организации – это человек или компания, являющаяся носителем финансового, производственного, коммуникативного, экспертного или любого иного ресурса.

3. *Объединяющая цель* – в сетевых организациях представляет собой достаточно сложный феномен, несущий в себе смысл функциональной основной идеологии сети – конкурентного сотрудничества.

4. *Добровольность связей* – принимает разные формы в зависимости от типа сетевой организации и степени независимости её участников.

5. *Множественность уровней взаимодействия* – взаимодействие в рамках сети осуществляется не по административным каналам, и напрямую, между теми компаниями и людьми, которые и должны реально вместе решать необходимые вопросы.

Использование возможностей интернета и средств информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) существенно расширяет продуктивность сетевого взаимодействия. При традиционной организации методической работы все педагоги в определённом сообществе знакомы

друг с другом, непосредственно контактируют между собой. Такие прямые длительные связи минимальны, в результате чего такое взаимодействие исчерпывает себя и становится малопродуктивным, так как ограниченные возможности коммуникации не могут обеспечивать тот уровень обмена информацией, который необходим для плодотворной работы. При сетевой организации взаимодействия круг взаимодействия увеличивается, а, следовательно, результаты работы становятся более продуктивными и качественными. За счёт сетевого взаимодействия у каждого участника есть уникальная возможность развития и совершенствования своих профессиональных ключевых компетенций. От участников совместной деятельности не требуется синхронного присутствия в одном и том же месте, в одно и то же время, каждый имеет возможность работы с ресурсами сети в удобное для себя время [1].

Инициатором организации сетевого взаимодействия вузов в г. Рязани является Рязанский государственный радиотехнический университет (РГРТУ). Планируется создание общей сети для всех ведущих вузов г. Рязани. На сегодняшний день:

- 1) проработана структура сети, определены основные участники;
- 2) обозначены общие принципы, цели и задачи функционирования сети;
- 3) начата практическая реализация, в частности, разработано программное обеспечение, осуществляющее сетевое взаимодействие.

Программное обеспечение разработано на языке программирования C++ в среде Microsoft Visual Studio 2008. Основное назначение программы – осуществление быстрого поиска требуемой информации о любом вузе города и доступ к файлам, которыми этот вуз готов обмениваться (например, учебники, сборники докладов, статей конференций в электронных форматах).

В настоящее время каждое высшее учебное заведение имеет свой сайт в сети Интернет, на котором хранится вся основная информация, которая может потребоваться, а также ссылки на скачивание необходимых файлов. Но у каждого вуза есть свой отдельный сайт, состоящий из множества HTML-страниц, на которых и размещена информация.

Иногда для доступа к нужной информации приходится открывать по 3-4 HTML-страницы подряд, что при медленной скорости Интернет-соединения может занять много времени. Кроме того, каждая открываемая страница расходует трафик, и для его экономии полезно было бы открывать сразу нужную страницу, без промежуточных переходов. Но для этого приходится запоминать или записывать URL-адреса каждой конкретной страницы, что проблематично и занимает много времени.

Разработанная программа позволяет пользователю сэкономить время и трафик, предоставляя ему удобный и интуитивно понятный графический интерфейс для быстрого поиска требуемой информации.

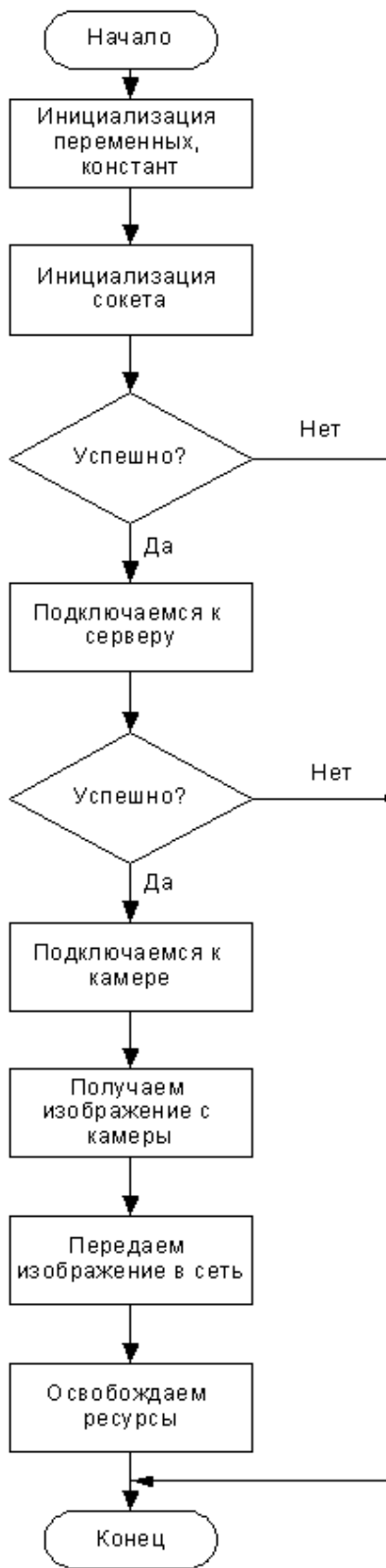


Рис. 1. Блок-схема алгоритма работы подпрограммы – клиент

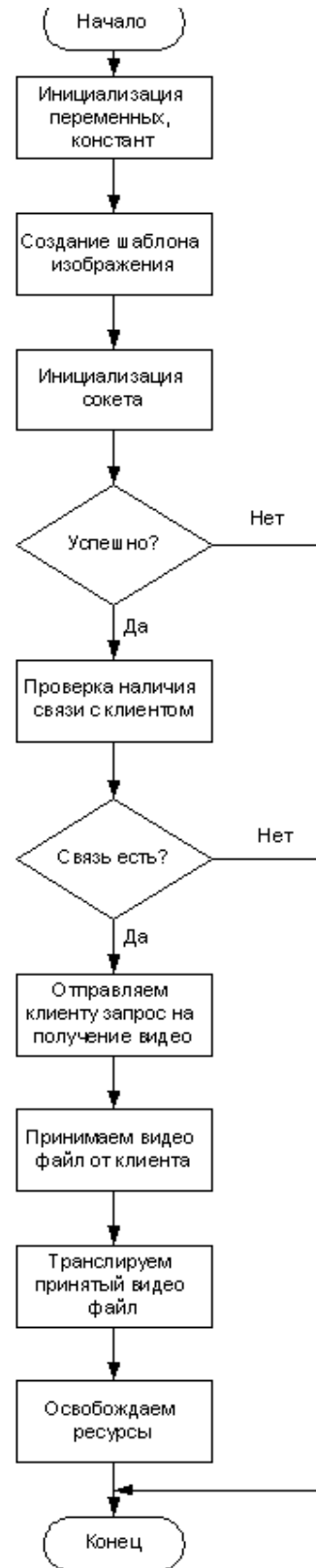


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы подпрограммы – сервер

Также разработанное программное обеспечение даёт возможность передавать в Интернет и просматривать онлайн-трансляции с конференций, семинаров, учёных советов и т.п., проводимых в вузах – участниках программы сетевого взаимодействия.

Передача видео файлов через Интернет и их приём осуществляются с помощью сокетов. Сокет – это программный интерфейс для обеспечения обмена данными между процессами. При этом процессы исполняются на различных ЭВМ, связанных между собой сетью. Сокет – это абстрактный объект, представляющий конечную точку соединения. Следует различать клиентские и серверные сокет. Клиентские сокет можно сравнить с оконечными аппаратами телефонной сети, а серверные – с коммутаторами. Сервер отправляет запрос на получение данных от клиента, в котором также содержатся данные, передаваемые клиенту от сервера.

В программе сетевого взаимодействия обмен видео файлами через Интернет осуществляют подпрограмма – клиент, установленная на компьютере вуза – участника и подпрограмма – сервер, установленная на управляющем компьютере другого вуза – участника.

Блок-схема алгоритма работы подпрограммы – клиент показана на рисунке 1.

Блок-схема алгоритма работы подпрограммы – сервер показана на рисунке 2.

Ниже приведены примерные коды клиентского и серверного приложений, написанные на языке С++ в среде программирования Microsoft Visual Studio 2008. Для работы с Web-камерой была использована библиотека компьютерного зрения OpenCV 2.1.

Клиентское приложение:

```
#include <cv.h>
#include <highgui.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <string>
#include <winsock2.h>
#include <windows.h>
#include <conio.h>

using namespace std;

int main()
{
    WSADATA wsd;
    if (WSAStartup(MAKEWORD(2,2), &wsd) != 0)
    {
        cout<<"Can't load WinSock"<<endl;
        _getch();
    }
}
```

```

return 0;
}

SOCKET sSocket;
struct sockaddr_in servaddr;
char szServerName[1024], szMessage[1024];
struct hostent *host = NULL;
strcpy(szServerName, "192.168.1.26");
sSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, IPPROTO_UDP);
if (sSocket == INVALID_SOCKET)
{
cout<<"Can't create socket"<<endl;
_getch();
return 0;
}

servaddr.sin_family = AF_INET;
servaddr.sin_port = htons(6050);
servaddr.sin_addr.s_addr = inet_addr(szServerName);

if (servaddr.sin_addr.s_addr == INADDR_NONE)
{
host = gethostbyname (szServerName);
if (host == NULL)
{
cout<<"Unable to resolve server"<<endl;
_getch();
return 1;
}
CopyMemory (&servaddr.sin_addr, host->h_addr_list[0],
host->h_length);
}
// получаем любую подключённую камеру
CvCapture* capture = cvCreateCameraCapture(CV_CAP_ANY);
assert (capture);

// узнаём ширину и высоту кадра
double width = cvGetCaptureProperty(capture,
CV_CAP_PROP_FRAME_WIDTH);
double height = cvGetCaptureProperty(capture,
CV_CAP_PROP_FRAME_HEIGHT);

IplImage* frame = 0;
cvNamedWindow("capture", CV_WINDOW_AUTOSIZE);

printf("[i] press Enter for send image and Esc for quit!\n\n");

```

```

int counter = 0;
char screen[921600];
while(true)
{
    // получаем кадр
    frame = cvQueryFrame(capture);
    // показываем
    cvShowImage("capture", frame);
    char c = cvWaitKey(33);
    if (c==27) break; // нажата Esc
    else if (c==13) // нажата Enter

    {
        for(int y=0; y<frame->height; y++)
        {
            uchar* ptr = (uchar*)(frame->imageData + y*frame->widthStep);
            for(int x=0; x<frame->width; x++)
            {
                // 3 канала
                screen[y*frame->widthStep+x+x+x]=ptr[3*x];
                screen[y*frame->widthStep+x+x+x+1]=ptr[3*x+1];
                screen[y*frame->widthStep+x+x+x+2]=ptr[3*x+2];
            }
        }
        // отправка изображения
        for(int y=0; y<480; y++)
        {
            unsigned char stroka[1922]; // 640x3 и 2 байта на номер строки
            if (y>255)
            {
                stroka[0] = 1;
                stroka[1] = y;
            }
            else
            {
                stroka[0] = 0;
                stroka[1] = y;
            }
            memcpy(&stroka[2], &screen[y*640*3], 640*3);
            sendto(sSocket, (char*)(stroka), 1922, 0,
                (struct sockaddr*)&servaddr, sizeof(servaddr));
        }
        // конец отправки
        cout<<"screen sended"<<endl;
    }
}
// освобождаем ресурсы

```

```

cvReleaseCapture (&capture);
cvDestroyWindow("capture");
}
Серверное приложение:
#include <cv.h>
#include <highgui.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <iostream>
#include <string>
#include <winsock2.h>
#include <windows.h>
#include <conio.h>

using namespace std;

IplImage* frame = 0;
SOCKET soc_client;

DWORD WINAPI NetThread(LPVOID lpParam)
{
    SOCKET sServerListen;
    struct sockaddr_in localaddr, clientaddr;
    int iSize;
    sServerListen = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, IPPROTO_UDP);
    if(sServerListen == INVALID_SOCKET)
    {
        cout<<"Can't create socket"<<endl;
        _getch();
        return 0;
    }
    localaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
    localaddr.sin_family = AF_INET;
    localaddr.sin_port = htons(6050);

    if(bind(sServerListen, (struct sockaddr*) &localaddr,
    sizeof(localaddr)) == SOCKET_ERROR)
    {
        cout<<"Can't bind"<<endl;
        _getch();
        return 1;
    }
    cout<<"Bind OK"<<endl;
    char screen[921600];
    int nSendSize = 921600;
    char buf[1024];
    // тут будем принимать кадр

```

```

while(1)
{
// принимаем кадр
for (int y1=0; y1<480; y1++)
{
unsigned char stroka[1922];
int ny = 0;
recv(sServerListen, reinterpret_cast<char*>(stroka), 1922,0);
if(stroka[0] == 1)
ny = 255+stroka[1];
else
ny = stroka[1];
uchar* ptr = (uchar*)(frame->imageData + ny*frame->widthStep);
for(int x=0; x<frame->width; x++)
{
// 3 канала
ptr[3*x] = (uchar)stroka[x*3+2];
ptr[3*x+1] = (uchar)stroka[x*3+3];
ptr[3*x+2] = (uchar)stroka[x*3+4];
}
}
// выводим что там получилось
cvShowImage("capturePR", frame);
cvWaitKey(33);
cout<<"vivod" <<endl;
}
closesocket (sServerListen);
return 0;
}

int main()
{
frame = cvLoadImage("d:Image0.jpg",1);
cvNamedWindow("capturePR", CV_WINDOW_AUTOSIZE);
cvShowImage("capturePR", frame);
cout<<"zagr" <<endl;
cvWaitKey(33);

WSADATA wsd;
if(WSAStartup(MAKEWORD(2,2), &wsd) != 0)
{
cout<<"Can't load WinSock" <<endl;
_getch();
return 0;
}

HANDLE hNetThread;

```



```

DWORD dwNetThreadId;
hNetThread = CreateThread(NULL,0, NetThread,0,0, &dwNetThreadId);
cout<<"Wait incoming mail" << endl;
cvWaitKey(0);
cvDestroyWindow("capturePR");
return 0;
}

```

В заключение следует отметить, что организация сетевого взаимодействия в вузах неразрывно связана с их научно-техническим развитием, так как требует наличия самых современных компьютерных технологий. Поэтому для успешной реализации данного проекта нужна определённая финансовая поддержка со стороны руководства вузов и Министерства образования РФ. При этом деньги, потраченные на проект, кроме заявленных целей, помогут также повысить уровень материально-технического обеспечения вузов, а также способствовать улучшению научной и образовательной деятельности учебных заведений, открытию новых направлений этих видов деятельности.

Литература

1. Доклад «Сетевое взаимодействие инновационных образовательных учреждений» // [Электронный ресурс] URL: <http://wiki.saripkro.ru/index.php>
2. Методические рекомендации по вопросам сетевого взаимодействия образовательных учреждений профессионального образования в области подготовки рабочих кадров и специалистов технической направленности (уровня СПО).
3. Организация сетевого взаимодействия общеобразовательных учреждений, внедряющих инновационные образовательные программы, принимающих участие в конкурсе на государственную поддержку / под. ред. Адамского А.И. – М.: Эврика, 2006.
4. Педагогический словарь / под ред. В.И. Загвязинского, А.Ф. Закировой. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 352 с.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ "Об образовании в Российской Федерации". Статьи 2,20
6. Чучкевич М.М. Основы управления сетевыми организациями. – М.: Изд-во Института социологии, 1999.
7. Чучкевич М.М. Что такое сетевая организация? – М.: Изд-во Института социологии, 1999.

Корчажкина О.М.

ФГБУН Институт проблем информатики Российской Академии наук (ИПИ РАН) , старший научный сотрудник, к.т.н., olgakomax@gmail.com

Вербализация целей учебно-познавательной деятельности учащихся с использованием новых информационных технологий при оценке эффективности обучения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Эффективность обучения, планируемые образовательные результаты, достигнутые образовательные результаты, когнитивные операции, пирамида Блума.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается эффективность обучения как показатель соответствия планируемых и достигнутых образовательных результатов, который выражается в терминах конкретных продуктов учебно-познавательной деятельности, получаемых в ходе выполнения мыслительных операций с использованием новых информационных технологий. В качестве вербального выражения целей обучения выбрано их выражение с помощью глаголов мыслительных операций, выделенных Бенджамином Блумом.

Система оценки достижения планируемых результатов учебно-познавательной деятельности (УПД) учащихся представляет собой один из инструментов реализации требований ФГОС второго поколения к результатам освоения основной образовательной программы, базирующихся на компетентностном и когнитивно-деятельностном подходе к обучению. Более того, ФГОС позволяет создать и успешно реализовать научно-обоснованную систему управления контролем уровня достижения планируемых результатов освоения образовательной программы [1, с. 133] с целью повышения эффективности УПД учащихся.

При процедуре оценивания результатов УПД учащихся различают три уровня достижения этих результатов:

- планируемый уровень – тот, что заложен во ФГОС и находит воплощение в учебниках и учебно-методических пособиях;
- реализуемый уровень, характеризующий результаты, определяемые учителем в зависимости от своих профессиональных предпочтений и условий обучения;
- достигнутый уровень – уровень объективных, реальных достижений учащихся.

В систему оценки достижения планируемых образовательных результатов включают следующие необходимые компоненты [там же]:

- формулировку основных направлений и целей оценочной деятельности;
- описание объектов и содержания оценки;
- задание критериев, описание процедур и состава инструментария оценивания;
- описание форм представления результатов, условий и границ применения системы оценивания;
- привлечение разнообразных методов и форм оценивания, взаимно дополняющих друг друга.

Основными функциями такой системы являются ориентация образовательного процесса на достижение планируемых результатов и обеспечение действенной обратной связи, позволяющей осуществлять управление образовательным процессом, особенно в части принятия педагогических мер, которые способствовали бы повышению эффективности УПД учащихся. При подобном подходе к обучению контролирующая функция оценивания перестаёт являться доминирующей, а её равноправными «партнёрами» выступают диагностирующая, обучающая функции и функция мониторинга (наблюдения).

Очевидно, что эффективность обучения как показатель соответствия планируемых и достигнутых образовательных результатов, должен выражаться в терминах конкретных продуктов УПД, получаемых в ходе выполнения мыслительных операций. Поэтому основным компонентом системы оценивания, задающим общее направление оценочной деятельности учителя в русле компетентностного и когнитивно-деятельностного подхода, является определение конечного результата, или целей, УПД. Более того, необходима определённого рода формализация (вербализация) этих целей с тем, чтобы можно было выработать адекватные критерии оценки достигнутых результатов.

В качестве удобной последовательности когнитивных педагогических целей, поддающейся формализации на вербальном уровне, американским психологом методов обучения Бенджамином Блумом в 1956 году была предложена таксономия (иерархия) этих целей в виде перечня мыслительных (когнитивных) операций, выраженная умственными действиями и представленная в виде пирамиды [2] (рис.1). Более того, для каждого умственного действия приводится набор смысловых глаголов, характеризующих его выполнение.

При компетентностном и когнитивно-деятельностном подходе цели обучения являются также и запланированными результатами, которые также могут быть выражены с помощью глаголов мыслительных операций, выделенных Блумом. Таким образом, глаголы мыслительных операций, с одной стороны, помогают учителю в постановке целей и задач УПД, а с

другой – позволяют производить описание и оценку результатов этой деятельности в сравнении с поставленными целями. С их помощью учитель выявляет наличие и характер отклонений от запланированных целей УПД на основе образовательного мониторинга, определяет их причины [1, с. 134] и вносит соответствующие коррективы.



Рис. 1. Пирамида Блума

В 1990-х годах группа американских психологов-когнитивистов, возглавляемая бывшим учеником Б. Блума Лорином Андерсоном предложила обновлённую версию таксономии Блума применительно к реалиям 21-го века. В пирамиде Блума существительные, называющие ментальные операции, были заменены на герундий – часть речи, описывающую процесс выполнения ментальных операций (knowledge-remembering, comprehension-understanding, application-applying, analysis-analyzing, a synthesis-creating и evaluation-evaluating поменялись местами) [3].

Однако модификация «Пирамиды Блума» не ограничилась 1990-ми годами. В русле развития новых информационных технологий (ИТ) в 2000-х годах появилось так называемое «Педагогическое колесо» [3, 4], которое позволяет установить соответствие между глаголами мыслительных операций Блума, видами УПД учащихся и инструментами новых ИТ, то есть показывает воплощение процесса УПД в её продуктивный результат, достигаемый с помощью современных инструментов, в частности мобильных приложений.

Представление «Пирамиды Блума» в виде «Педагогического колеса», в котором обозначены не только виды УПД, но и современные инструменты её осуществления, позволяет, во-первых, применять его к работе в информационно-образовательной среде учебного заведения, а во-вторых, соотносить процесс осуществления УПД учащихся с конкретными результатами этой деятельности. В табл. 1 представлена трансформация

«Педагогического колеса», которую можно использовать при организации УПД с использованием новых ИТ.

Таблица 1.

Таксономия мыслительных операций по Б. Блуму и её связь с интерактивными инструментами для iPad

содержание когнитивной операции	глагольное выражение когнитивной операции	интерактивные инструменты для iPad http://appsineducation.blogspot.ru/2011/06/12-ipad-apps-for-storytelling-in.html)
знание		
<p>учащийся знает употребляемые термины, конкретные факты, методы и процедуры, основные понятия, правила и принципы</p>	<p>упорядочи, определи, продублируй, составь список, соотнеси, запомни, назови, проранжируй, опознай, отнеси, вспомни, повтори, воспроизведи</p>	<p>1) Blog Docs – приложение для создания блогов https://itunes.apple.com/ru/app/blog-docs-google-docs-html/id444223778?mt=8</p>
		<p>2) CourseNotes – пространство для создания, систематизации заметок и совместной работы с ними в группе http://www.coursenotesapp.com/app/</p>
		<p>3) DocsToGo – офисный пакет, включающий текстовый редактор, табличный процессор и приложение для создания презентаций. https://itunes.apple.com/ru/app/documents-to-go-free-view/id317117961?mt=8</p>
		<p>4) Facebook – популярная международная социальная сеть https://play.google.com/store/apps/details?id=com.facebook.katana</p>
		<p>5) FeedReaderRSS – ридер для RSS-формата (семейство XML-форматов, предназначенных для описания лент новостей, анонсов статей, изменений в блогах и т. п.) http://www.chebinliu.com/projects/iphone/feedreader-rss-reader/</p>
понимание		
<p>учащийся понимает правила, факты и принципы, интерпретирует словесный материал, схемы, графики, диаграммы, преобразует словесный материал в</p>	<p>классифицируй, опиши, обсуди, объясни, вырази, осознай, укажи, расположи, распознай, сообщи, подтверди, сделай обзор, отбери, отсортируй,</p>	<p>6) Google Search – поисковая система Google http://www.google.com/enterprise/search/products/gsa.html</p>
		<p>7) iAnnotate – программа для добавления заметок в PDF файлы http://ipadstory.ru/iannotate-pdf-cthenie-pdf-i-zametki-v-pdf-fajlax.html; https://itunes.apple.com/ru/app/iannotate-pdf/id363998953?mt=8</p>
		<p>8) iThoughts – программа для визуализации планов, мыслей и идей http://www.ipad-labs.ru/business/90-ithoughtshd.html; http://alternativeto.net/software/ithoughts/?platform=android</p>
		<p>9) Maptini – программа для создания интеллектуальных карт и совместной работы с ними в группе http://maptini.com/</p>

математические выражения и наоборот, предположительно оценивает будущие события, последствия, вытекающие из имеющихся данных	расскажи, переведи, проэкстраполируй	10) Mental Case – хранилище фрагментированной информации и реальных рабочих ситуаций в виде флэшкарт с текстом и иллюстрациями http://www.mentalcaseapp.com/
		11) Quizcast – интерактивные викторины https://play.google.com/store/apps/details?id=de.phillippohlandt.quizcast
		12) Twitter – онлайн-сервис для ведения микроблогов https://twitter.com/twitterapi
применение		
учащийся использует понятия и принципы в новых ситуациях, применяет законы и теории в конкретных практических ситуациях, демонстрирует правильное применение метода или процедуры	примени, выбери, продемонстрируй, инсценируй, привлекли, проиллюстрируй, проинтерпретируй, произведи операции, приготовь, выполни, осуществи, отработай, составь план/программу, набросай, реши, используй	1) Adobe Connect – платформа для проведения Web-конференций http://www.adobe.com/ru/products/adobeconnect.html
		2) Animation Creation – создание анимированных объектов и видеороликов http://goanimate.com/
		3) Articulate – программа для создания обучающих курсов https://www.articulate.com/
		4) AudioBoo – хранилище аудиокниг https://audioboo.fm/browse/store
		5) Evernote – универсальное рабочее пространство https://evernote.com/intl/ru/
		6) Explain Everything - программа для создания презентаций, функционирующая как интерактивная доска https://itunes.apple.com/ru/app/explain-everything/id431493086?mt=8
		7) Google Docs – набор приложений для работы с документами https://docs.google.com/
		8) Keynote – мобильное приложение для создания презентаций https://itunes.apple.com/ru/app/keynote/id361285480?mt=8
		9) Perfectly Clear – цифровой фильтр для автоматической ретуши (лиц и иных поверхностей) http://www.athentech.com/
		10) Quick Voice – приложение для записи речи https://itunes.apple.com/ru/app/quickvoice-recorder/id284675296?mt=8
		11) SonicPics – приложение для создания иллюстрированного повествования в виде слайд-шоу https://itunes.apple.com/au/app/sonicpics/id345295488?mt=8

		12) Ustream – программа для загрузки мультимедийных объектов https://itunes.apple.com/ru/app/ustream/id301520250?mt=8
анализ		
<p>учащийся выделяет скрытые (неявные) предположения, видит ошибки и упущения в логике рассуждений, проводит различия между фактами и следствиями, оценивает значимость данных</p>	<p>проанализируй, оцени, рассчитай, категоризируй, сравни, сопоставь, выскажи критику, составь диаграмму, различи, распознай, найди отличия, исследуй, проэкспериментируй, подведи итог, проясни, опробуй</p>	1) Comic Life – программа создания юмористического журнала по фотографиям http://plasq.com/products/comiclife3/win
		2) DropVox – приложение для экспорта диктофонных записей в Dropbox https://itunes.apple.com/ru/app/dropvox-record-voice-memos/id416288287?mt=8
		3) FilemakerGo 11 – мобильная программа для управления файлами и решения разнообразных практических задач, в том числе образовательных http://www.appitic.com/index.php/bloom-s/apps-for-bloom-s-taxonomy/item/filemaker-go-11-for-ipad
		4) iCardSort – создание каталога понятий и его представление в виде флэш-карт с добавлением иллюстраций https://itunes.apple.com/ru/app/icardsort/id384552728?mt=8
		5) Inspiration Maps – приложение для построения диаграмм, графиков, схем, интеллектуальных карт https://itunes.apple.com/us/app/inspiration-maps-vpp/id510173686?mt=8
		6) MindMash – приложение для быстрой организации мыслей и идей в виде заметок, полученных методом «мозгового штурма» https://itunes.apple.com/ru/app/mindmash/id364617744?mt=8
		7) MiniMash – многофункциональное приложение для редактирования и конвертирования звуковых файлов https://itunes.apple.com/ru/app/minimash/id444356082?mt=8
		8) Numbers – приложение для создания таблиц и диаграмм https://itunes.apple.com/ru/app/numbers/id361304891?mt=8
		9) Pages – эффективный редактор для мобильных устройств https://itunes.apple.com/ru/app/pages/id361309726?mt=8

		<p>10) Propplet – приложение для организации понятий и идей в виде интеллектуальных карт http://www.popplet.com/ https://itunes.apple.com/us/app/popplet/id374151636?mt=8</p> <p>11) SurveyPro – приложение для создания и проведения онлайн-опросов http://www.surveypro.com/</p>
синтез		
<p>учащийся пишет небольшое творческое сочинение, предлагает план проведения эксперимента, использует знания из разных областей, чтобы составить план решения той или иной проблемы</p>	<p>организууй, собери, скомпонуй, сочини, построй, создай, спроектируй, разработай, овладей, организууй, спланируй, подготовь, предложи, установи, синтезируй, напиши</p>	<p>1) Aurasma – приложение, позволяющее создавать дополненную реальность https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aurasma.aurasma</p>
		<p>2) Creative Book Builder – приложение, позволяющее создавать, редактировать и публиковать книги https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tigernghk.android.cbb&hl=ru</p>
		<p>3) Easy Release – приложение для создания и редактирования информационных сообщений https://play.google.com/store/apps/details?id=com.applicationgap.easyrelease&hl=ru</p>
		<p>4) Fotobabble – приложение для озвучивания изображений (создание «говорящих» фотографий) http://www.fotobabble.net/what-to-do-with-talking-photos-in-the-classroom/</p>
		<p>5) Garageband – виртуальный самоучитель игры на музыкальных инструментах https://itunes.apple.com/ru/app/garageband/id408709785?mt=8</p>
		<p>6) iMovie – приложение для создания видеороликов https://itunes.apple.com/ru/app/imovie/id377298193?mt=8</p>
		<p>7) Interview Assistant – виртуальный микрофон и запись звука https://itunes.apple.com/ru/app/interview-assistant/id475659902?mt=8</p>
		<p>8) iTimeLapse Pro – приложение для съемки серии изображений и их компиляции в видео. https://itunes.apple.com/ru/app/itimeline-pro-time-lapse/id335866860?mt=8</p>
		<p>9) Nearpod – интегральная платформа, позволяющая учителю осуществлять совместную работу с учащимися и её оценку в реальном времени. https://itunes.apple.com/ru/app/nearpod/id523540409?mt=8</p>

		<p>10) Prezi – приложение для создания презентаций http://prezi-narusskom.ru/index/prezi_desktop/0-64</p> <p>11) ScreenChomp – интерактивная цифровая доска для создания набросков и заметок https://itunes.apple.com/ru/app/screenchomp/id442415881?mt=8</p> <p>12) Toontastic – приложение для создания мультфильмов и анимированных изображений http://www.launchpadtoys.com/toontastic/</p> <p>13) Voicethread – интерактивное приложение для одновременного выполнения нескольких операций с документами: правка, обсуждение, создание схем и заметок https://itunes.apple.com/ru/app/voicethread/id465159110?mt=8</p> <p>14) Wordpress – система управления содержимым сайта, блога и пр. https://ru.wordpress.org/</p>
оценка		
<p>учащийся оценивает логику представления материала в виде письменного текста, оценивает соответствие выводу имеющимся данным, оценивает значимость того или иного продукта деятельности и исходя из внутренних или внешних критериев</p>	<p>оцени, поспорь, осуществи экспертизу, выбери, сравни, защити, выскажи суждение, взвесь «за» и «против», сделай вывод, спрогнозируй, проранжируй, выстави оценку, выбери, поддержи, оцени значимость</p>	<p>1) AIM – программа мгновенного обмена сообщениями, предлагаемая фирмой AOL. https://itunes.apple.com/us/app/aim-free-free-sms-chat-group/id281704574?mt=8</p> <p>2) Edmodo – платформа для создания образовательного пространства, разновидность образовательной социальной сети https://itunes.apple.com/us/app/edmodo/id378352300?mt=8</p> <p>3) Evernote Peek – приложение для создания личных учебных блокнотов учащихся https://itunes.apple.com/ru/app/evernote-peek/id442151267?mt=8</p> <p>4) Google + – сервис социальной сети компании Google, предоставляющий возможность общения через Интернет с помощью специальных компонентов https://plus.google.com/</p> <p>5) Notability – приложение для ведения заметок, комментирования документов, создания набросков, записи лекций, аудиозаписей и фотографий https://itunes.apple.com/ru/app/notability/id360593530?mt=8</p> <p>6) Prompter Pro – суфлёр и помощник в публичных выступлениях https://itunes.apple.com/ru/app/prompter-pro/id378704861?mt=8</p>

		7) ShareBoard – приложение для совместной работы 32-х пользователей одновременно https://itunes.apple.com/ru/app/share-board-pro-draw-sketch/id378305865?mt=8
		8) Skype – видео и телефонная связь http://www.skype.com/ru/
		9) StudentPad – многофункциональное приложение, позволяющее читать книги, делать расчёты, управлять документами, писать письма, чертить и рисовать http://openfeint.openfeint.openfeint.xn--yba51pabaaab2mf2aghp.iandphone.net/793-student-pad-132-soft-dlya-ipad.html
		10) Taposé – многофункциональное приложение для совместной работы над проектами https://itunes.apple.com/ru/app/tapose-collaborative-content/id483146060?mt=8
		11) WEB to PDF – конвертер html-формата в pdf-формат. http://www.web2pdfconvert.com/
		12) WikiNodes – многофункциональное приложение для работы со статьями википедии https://itunes.apple.com/ru/app/wikinodes/id433834594?mt=8

В заключение отметим, что эффективность обучения можно определять с помощью различных процедур, однако они должны предполагать комплексный подход, позволяющий осуществлять оценку достижения учащимися всех трёх групп образовательных результатов: личностных, предметных и метапредметных.

Литература

1. Ривкин Е.Ю. Профессиональная деятельность учителя в период перехода на ФГОС основного общего образования. Теория и технологии / Е.Ю. Ривкин. – Волгоград: Учитель, 2014. – 183 с.
2. Bloom, Benjamin Developing Talent in Young People. – NY: Ballantine Books, 1985. – 558 p.
3. Bloom's Taxonomy and the Pedagogy Wheel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gadsdenstate.edu/academics/elearning/pdf/First%20Friday%20Tech%20Tip%20Aug%202013.pdf>.
4. Pedagogy Wheel, The [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unity.net.au/padwheel/padwheelposter.pdf>, <http://elearningstuff.net/wp-content/uploads/2013/06/padagogy-wheel.jpg>.

Коротченко Е.А.¹, Гейне И.А.²

¹Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ», г. Новосибирск, аспирант факультета прикладной информатики в экономике, elen.gams@gmail.com

²Сибирская государственная геодезическая академия, г. Новосибирск, магистр направления «Геодезия и дистанционное зондирование», irina.gams@gmail.com

Интеллект-карты в технологии кадрового продюсирования как средство повышения эффективности образовательного процесса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Интеллект-карта, майнд-менеджмент, технология кадрового продюсирования, профессиональная компетентность, подбор персонала, игровые методики, геймификация.

АННОТАЦИЯ

В статье анализируются проблемы трудоустройства будущих специалистов в области информационных технологий и описывается применение интеллект-карт для повышения эффективности образовательного процесса. В качестве основных методов исследования использовались: наблюдение, анкетирование и интервьюирование, системный и структурный анализ. Материалы статьи могут быть полезны сотрудникам центров содействия трудоустройству выпускников.

1. Введение в проблему

Цель внедрения компетентного подхода в систему высшего профессионального образования - улучшение взаимодействия с рынком труда, повышение уровня компетентности выпускников ВУЗов, обновление образовательной среды. Согласно ГОС ВПО нового поколения выпускник вуза должен обладать универсальными (общенаучные, инструментальные, социально-личностные и общекультурные) и профессиональными компетенциями, обеспечивающие успешное вхождение выпускника вуза в профессиональную среду, адаптацию в ней и активное продвижение его к вершинам профессионализма [8]. Рынку нужны специалисты, готовые к непрерывному профессиональному росту, обладающие социальной и профессиональной мобильностью.

Динамика развития ИТ-отрасли в комплексе с другими социально-демографическими показателями говорят о том, что в ближайшие несколько лет потребности в ИТ-кадрах будут непрерывно расти. Потребность в специалистах ИТ-отрасли до 2018г. оценивается более чем в 350 тыс. человек. Из них 150 тыс., будут подготовлены в рамках бюджетной

основы по линии Минобрнауки, таким образом, остается дефицит в объеме около 200 тыс. человек [10]. Нехватка кадров заставляет работодателей тщательно присматриваться к молодым специалистам, однако, по мнению работодателей, в большинство выпускников не обладают достаточным для начала работы уровнем развития профессиональных компетенций [7]. Решением проблемы может стать подготовка будущих ИТ-специалистов совместными усилиями компаний и высших образовательных учреждений.

В рамках исследования «Работа по специальности. Миф или реальность?» авторами было опрошено 300 студентов и выпускников технических специальностей ВУЗов города Новосибирска и Новосибирской области в возрасте от 21 до 27 лет. Из общего числа нетрудоустроенных респондентов 85% хотели бы трудоустроиться по специальности, но на текущий момент они не имеют опыта и соответствующего уровня квалификации [5].

Авторами было опрошено 50 представителей крупных ИТ-компаний города Новосибирска, принимающих решения в области подбора персонала. Около 76 % респондентов согласны принять на работу студентов, имеющих необходимые навыки и компетенции. По итогам опроса был составлен перечень навыков и компетенций, которые являются необходимым условием для вступления в должность менеджера проекта, программиста, менеджера по продажам ИТ-продуктов [7].

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что многие молодые ИТ-специалисты проявляют интерес к работе по специальности, но испытывают сложности с трудоустройством в связи с отсутствием опыта работы. Причина в том, что работодатели испытывают потребность в квалифицированных кадрах и отдают предпочтение специалистам, имеющим необходимые навыки и компетенции, а на текущий момент производственные практики в ВУЗах не дают нужного опыта.

Высшие общеобразовательные учреждения формируют базовые компетенции, которых, как показал опрос, в 73% случаев оказывается недостаточно для эффективного решения задач и проблем за пределами учебного заведения. Студенты в ВУЗах получают обширные теоретические знания, при этом 92% обучающихся (из общего числа респондентов) не обладает информацией об эффективных способах запоминания и усвоения нового материала. В связи с этим информация усваивается только на короткий промежуток времени, а процесс «доучивания» специалистов на рабочих местах затягивается и вызывает недовольство работодателей.

Для получения подготовленных специалистов ИТ-компаниям должны выстроить коммуникации с образовательными учреждениями для повышения качества подготовки будущих ИТ-специалистов. Для полноценного раскрытия кадрового потенциала молодых специалистов недостаточно организации прохождения летней практики студентов в компании или предоставления тем для курсовых и дипломных работ,

необходимо активное участие в формировании учебной программы, привлечение экспертов из компаний к преподаванию и реализация совместных программ подготовки специалистов с использованием современных методик и инструментов.

2. Технология кадрового продюсирования

Технология кадрового продюсирования¹⁶ подразумевает тесное сотрудничество с организациями города, которые заинтересованы в привлечении стабильного потока кадров, и основана на применении игровых методик для подбора и обучения персонала. Целью университета остается — формирование ключевых компетенций. Целью технологии кадрового продюсирования является – формирование уровня компетентности, достаточного для решения бизнес-проблем.

На базе Новосибирского государственного университета экономики и управления (НГУЭУ) в 2014 году по технологии кадрового продюсирования были разработаны программы подготовки специалистов для вступления в должность по следующим вакансиям:

1. Менеджер проектов;
2. Программист;
3. Инженер-тестировщик;
4. Менеджер по продажам ИТ-продуктов.

Все программы имеют большое практическое значение и разработаны с учетом специфики подготовки специалистов НГУЭУ, рассчитаны на студентов старших курсов и выпускников следующих кафедр:

- кафедра информационной безопасности;
- кафедра прикладных информационных технологий;
- кафедра экономической информатики.

Все программы имеют схожую структуру:

1. Выявление необходимых компетенций;
2. Программа обучения, для развития навыков и компетенций;
3. Знакомство с функциональной картой вида профессиональной деятельности (за исключением программы по подготовке менеджера по продажам ИТ-продуктов);
4. Деловые игры для получения опыта работы в проектной команде;
5. Мастер класс «Составление резюме»;
6. Мастер класс «Прохождение собеседования»;
7. Мастер класс «Гибкие методологии»;
8. Итоговое задание для конкурсного отбора.

Как показала практика, результативность прохождения студентами программы обучения, для развития навыков и компетенций по

¹⁶ Технология кадрового продюсирования - это новый способ подбора персонала, который строится на развитии профессиональных навыков и компетенций с помощью применения игровых методик [5].

определенной вакансии во многом зависит от уровня развития компетенций до обучения и скорости запоминания информации.

3. Использование интеллект-карт в технологии кадрового продюсирования

Майнд-менеджмент – это популярное направление в тайм-менеджменте, позволяющее повысить эффективность различных видов деятельности с помощью интеллект-карт. Использование интеллект-карт – не только способ развития творческого мышления, но и эффективная технология решения бизнес-задач, которую уже взяли на вооружение многие крупные компании.

Человеку свойственно воспринимать информацию в виде символов – букв и цифр, которые удобны для восприятия левым полушарием. А если добавить к символам образы, цвета, пространственные связи, то такая информация будет быстро восприниматься одновременно и правым, и левым полушарием.

В повседневной жизни абсолютно все прибегают к помощи «творческого» правого полушария. Например:

1. Переходя улицу, мы ориентируемся на сигналы светофора. Красный сигнал в качестве запрещающего выбран, потому что он быстрее других цветов воспринимается нашим мозгом. Зеленый цвет воспринимается дольше других, а это важно с точки зрения безопасности – есть время осмотреться;

2. Мы постоянно используем схемы и графики. Ведь анализировать большие объемы данных гораздо проще, когда они представлены в наглядном виде, например, отслеживать динамику продаж или рост прибыли значительно проще используя графики, а не большой объем финансовой информации в текстовой форме;

3. Для того, чтобы нанести визит друзьям, необязательно помнить точный адрес, достаточно запомнить дорогу визуально. Это прекрасный пример активной работы двух полушарий мозга: правое отвечает за пространственную память, а левое – за физическое запоминание.

В основу составления интеллект-карт положен принцип «радиального мышления». Радиальное мышление – это ассоциативное мышление, отправной точкой которого является центральный образ, от которого расходится бесконечное число ассоциаций.

Как пишет Тони Бьюзен в книге «Супермышление» 95 % населения планеты (согласно проведенным им и коллегами исследованиями) при конспектировании используют повествовательный стиль, т.е. излагают в виде связанного рассказа, состоящего из пунктов и подпунктов [9].

Идея интеллект-карты проста: в центре листа располагают ключевое слово, а от него в разные стороны отходят ответвления с подыдеями, которые потом тоже могут разделяться.

В обучении по одной из программ участвовали 2 группы студентов от

20 до 25 человек. В процессе обучения первой группы студентов использовались технологии интеллект-карт, в процессе обучения второй группы – нет. Причем на стадии выявления компетенций студенты были разделены на группы таким образом, чтобы средние показатели уровня развития ключевых компетенций¹⁷ были примерно равны (отклонение не более, чем на 4% по группе).

В ходе обучения студентам первой группы были предложены теоретические материалы, многие из которых были представлены в формате интеллект-карт. На одном из практикумов напротив информация была представлена в стандартном виде, а у студентов было задание структурировать ее и представить в виде интеллект-карт, используя при этом только:

1. Чистые белые листы формата А3;
2. Цветные карандаши или фломастеры;
3. Стикеры разных цветов и размеров.

Основная идея помещалась в центр листа. Это изображение должно привлекать внимание в первую очередь. Одной из задач было предельно четко и коротко сформулировать основную идею максимально четко и коротко, для оформления использовались подходящие рисунки и яркие цвета.

Над ветками необходимо было написать идеи первого уровня - слова-ассоциации, раскрывающие главную идею. Делалось это для того, связанные наглядно ключевые слова помогали мозгу воспринимать информацию максимально быстро. Подписывались ветки печатными буквами тоже для того, чтобы ускорить процесс восприятия информации.

Ветки первого уровня в свою очередь разделялись на несколько ответвлений – ветки второго уровня. Эти ответвления должны раскрывать идеи первого уровня и, одним из условий было нарисовать эти линии тоньше линий первого порядка. Для того чтобы сделать интеллект-карту удобной для восприятия, было введено ограничение: использовать не более 5-7 ответвлений для каждой ветки.

После прохождения данного практикума студентам было необходимо было создать новую версию интеллект-карты, используя одно из бесплатных программных средств Free Mind или XMind.

Тони Бьюзен приводит идеальный график работы с интеллект-картой и рекомендует возвращаться к ней несколько раз:

- через 10-30 минут;
- через сутки;
- через неделю;
- через месяц;
- через 3 месяца;

17 Ключевые компетенции по мнению работодателей выявленные в рамках исследования «В поисках идеального сотрудника» [7].

- спустя полгода [3].

В процессе обучения студенты получили необходимые навыки для построения интеллект-карт, также были ознакомлены с графиком Тони Бьюзена, что позволило им сделать материалы, полученные в процессе обучения часью своей долгосрочной памяти.

Во время одной из деловых игр для получения опыта работы в проектной команде участникам было необходимо устроить коллективный мозговой штурм и проработать идею проекта в виде интеллект-карты. Придерживаясь следующего алгоритма работы:

1. Тренировка. Подготовительный этап, направленный на активацию творческого мышления участников. Включает в себя мини-мозговые штурмы на простые темы, например, «нестандартные способы использования листа бумаги». Для проведения тренировки достаточно 5-7 минут;

2. Концепция. На данном этапе участникам озвучивается тема мозгового штурма, очень важно убедиться, что все понимают ее одинаково. Важно четко определить пределы, критерии завершения и цели мозгового штурма;

3. Генерация идей. Для достижения максимальной эффективности этот этап является индивидуальным: от каждого участника требуется нарисовать собственную интеллект-карту по предложенной теме.

4. Коллективная карта. На этом этапе происходит обобщение и объединение всех идей в единую интеллект-карту. Для этого стоит взять большой лист бумаги.

5. Перерыв. После составления общей интеллект-карты, необходимо сделать небольшую паузу. Это позволит участникам чуть дольше подумать над задачей, и вероятно, поспособствует возникновению новых идей.

6. Вторая редакция. Требуется повторить этапы 3 и 4. В качестве исходного материала каждый участник имеет индивидуальные интеллект-карты первой редакции, общую интеллект-карту первой редакции и новые идеи, возникшие на во время перерыва. Задача участников на этом этапе отредактировать индивидуальные карты ещё раз и объединить все варианты в общую карту мышления.

7. Подведение итогов. В силу того, что интеллект-карта – лишь инструмент для наиболее эффективного представления всей информации по теме, которую удалось собрать, участникам необходимо еще раз осмыслить идею проекта, над которой они работали и принять окончательное решение об ее реализации.

В виде интеллект-карты процесс коллективного мозгового штурма можно изобразить как карту мышления (рис.1).

Как показали результаты исследования, применение технологий майнд-менеджмента позволило повысить эффективность образовательного процесса на 22%. Студенты первой группы быстрее

запоминали информацию и во время прохождения итогового задания для конкурсного отбора показали более высокие показатели.

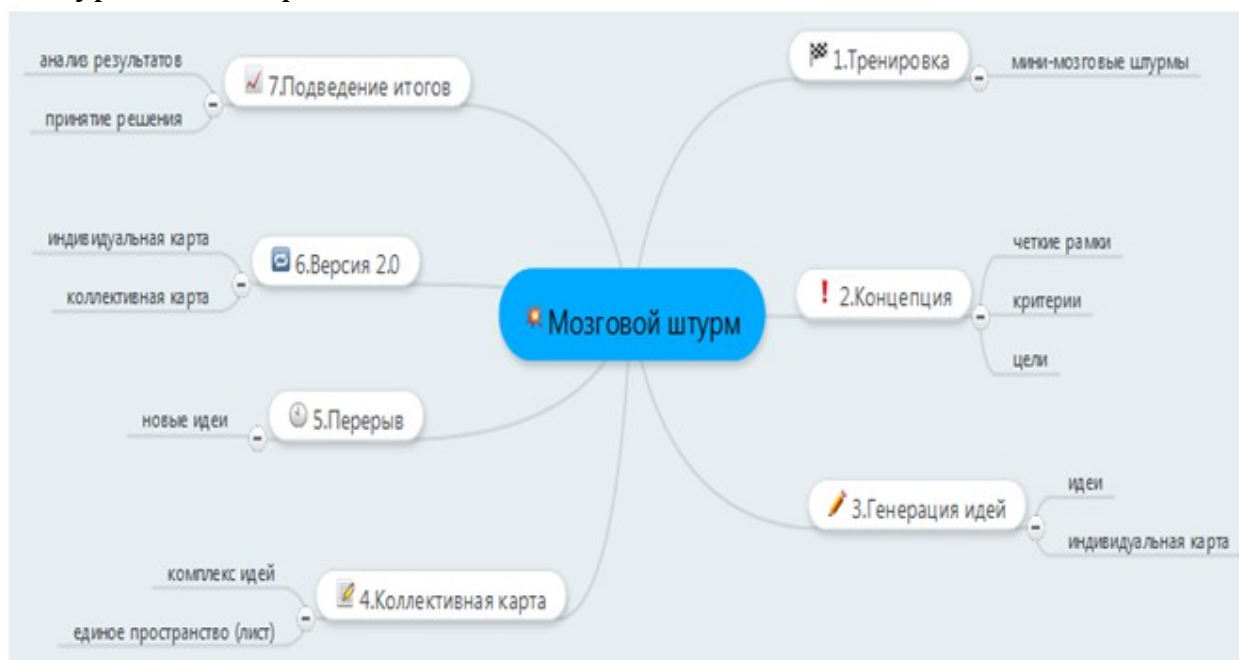


Рисунок 1. Процесс коллективного мозгового штурма

Карты мышления позволяют представлять информацию в виде образов и структурировать ее, чтобы ускорить процесс восприятия, быстро понять её и запомнить. Использование интеллект-карт позволяет сделать процесс обучения студентов более эффективным, интерактивным и интересным.

Литература

1. Актуальные проблемы компетентного подхода в образовании и реализации ФГОС нового поколения: материалы всероссийской научно-практической конференции (28 февраля 2013 г.). – Тамбов: ТОГОАУ ДПО «Тамбовский областной институт повышения квалификации работников образования», 2013. 183 с.
2. Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентного подхода в образовании // Эйдос: Интернет-журн. 10.09.2005. URL: <http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm> (дата обращения: 20.11.2013).
3. Бьюзен Т., Бьюзен Б. Супермышление. М: Попурри, 2007, с.-320.
4. Воронина Ю.В. Космонавты в полете. Эксперты рассказали о профессиях будущего // Российская Бизнес-газета: Инновации. – 2013. – №924. URL: <http://www.rg.ru/2013/11/26/studenty.html> (дата обращения 12.12.2013).
5. Коротченко Е.А., Гейне И.А. Игровые методы формирования профессиональной компетентности в технологии кадрового продюсирования // Актуальные вопросы общественных наук: социология, политология, философия, история/Сб. ст. по материалам XXXIII междунар. науч.-практ. конф. № 1 (33). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 164 с.
6. Коротченко Е.А., Гейне И.А. Основные аспекты технологии кадрового продюсирования будущих специалистов в области информационных технологий // Universum: Психология и образование: электрон. научн. журн. 2014. № 2 (3). URL: <http://7universum.com/ru/psy/archive/item/952> (дата обращения 01.03.2014).
7. Коротченко Е.А., Родионова З.В. Метод проверки профессиональной компетентности с помощью игровой имитации в технологии кадрового продюсирования. В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2014. №2.1(50) (Естественные и технические науки). 412 с.

8. Лапшина Е. Г. Компетентностный подход как условие формирования профессиональной компетентности специалиста в сельскохозяйственном вузе/ Е. Г. Лапшина // Педагогика: традиции и инновации: материалы междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2011 г.).Т. II. — Челябинск: Два комсомольца, 2011, с. 74-76.
9. Медведев Н. Современные методы конспектирования // Технологии чтения. URL: <http://tehread.ru/sovremennyye-metodyi-konspektirovaniya.html> (дата обращения: 01.09.2014).
10. Минкомсвязи: Дефицит кадров в IT-отрасли до 2018г. составит 200 тыс. человек // Информационное агентство «РосБизнесКонсалтинг». URL: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/20130715152048.shtml>.
11. Харитоновна Е.В. Об определении понятий «компетентность» и «компетенция» // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 3 – стр. 67-68. URL: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7778001 (дата обращения: 20.03.2014).
12. PICTET: EQF-based professional ICT training for Russia and Kazakhstan. URL: <http://pictet-tempus.sstu.ru/> (дата обращения 26.03.2014).

Кузнецова Е.В.

Липецкий государственный технический университет, г.Липецк, к.ф.м.н., доцент кафедры прикладной математики, eva312@rambler.ru

Некоторые аспекты применения информационно-коммуникационных технологий в подготовке студентов направления «Прикладная математика»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Дидактические возможности информационно-коммуникационных технологий, направление подготовки «Прикладная математика».

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены психолого-педагогические условия и основные проблемы применения информационно-коммуникационных технологий в подготовке студентов направления «Прикладная математика». На основе анализа образовательных стандартов данного направления определены цели, задачи, принципы, функции ИКТ при обучении стохастике.

В условиях перехода к информационному обществу под влиянием ИКТ происходят значительные изменения содержания профессиональной деятельности, условий труда, требований к личности и компетентности персонала и, следовательно, к профессиональной подготовке в высшей школе. Это справедливо для обучения студентов всех направлений, но в большей мере изменения касаются тех специалистов, чья профессиональная деятельность связана с математикой. Отмечая генетическую связь информатики и математики, М.И. Рагулина делает вывод о том, что «в современных условиях фундаментализация и прикладная направленность математического образования напрямую связаны с освоением информатики как инструмента познания объективной реальности» [1]. Федеральные образовательные стандарты подготовки бакалавров и магистров направления «Прикладная математика» предъявляют повышенные требования к уровню их ИКТ-компетентности, что невозможно достичь без комплексного, научно обоснованного, рационального и эффективного применения информационно-коммуникационных компьютерных технологий. Действительно, как свидетельствуют многочисленные исследования и подтверждает практика обучения в вузе, применение информационных технологий в учебном процессе способствует его интенсификации и индивидуализации, позволяет перейти от механического усвоения знаний к выработке умений самостоятельно получать новые знания. Проблемам применения

информационных технологий в преподавании математических дисциплин посвящены публикации В.А. Далингера, Е.А. Дахер, С.А. Дьяченко, Т.В. Капустиной, В.Р. Майера, С.И. Макарова, Л.П. Мартиросян, М.И. Рагулиной, С.А. Самсоновой и других. Следует отметить, что большинство работ посвящено изучению особенностей применения информационных и компьютерных технологий при обучении математике в школе и в педагогических вузах. Использование информационных технологий при обучении студентов-математиков обратным задачам для дифференциальных уравнений рассматривается в работе В.С. Корнилова. [2]. Формирование стохастической культуры студентов посредством применения информационных технологий исследуется в [3].

В результате изучения научной литературы по применению ИКТ в высшей школе были выделены следующие проблемы:

- анализ возможностей, предоставляемых ИКТ в обучении с точки зрения требований педагогики, психологии, эргономики;
- эволюция традиционных и разработка новых педагогических технологий в условиях информатизации образования;
- разработка и обоснование методик проектирования обучающих систем на основе ИКТ;
- построение и обоснование системы комплексного использования всего спектра средств ИКТ (электронных средств учебного назначения, специализированных программных продуктов, Интернет) в учебном процессе в вузе.

При этом в процессе обучения в вузе для продуктивного использования ИКТ и максимально полной реализации их дидактических возможностей необходимо учитывать

- особенности подготовки и профессионально значимые качества в области ИКТ для студентов данного направления;
- психологические особенности обучения в высшей школе;
- особенности научного содержания учебной дисциплины;
- уровень подготовки студентов;
- форму занятия (лекция, практическое занятие, лабораторная работа, самостоятельная работа);
- в рамках занятия – специфику изучаемого раздела и локальные педагогические цели (обучение, контроль, тестирование).

Анализ образовательных стандартов для бакалавров и магистров направления «Прикладная математика» позволяет сделать вывод о том, что выпускникам данного направления предъявляется высокий уровень требований к компетентности в области информационно-коммуникационных технологий. Во-первых, наряду с математическими моделями наукоемкое программное обеспечение является объектом их профессиональной деятельности. Во-вторых, прикладным математикам предстоит не только использовать стандартные пакеты прикладных программ, но и отлаживать, тестировать программное обеспечение,

демонстрировать знание современных языков программирования, операционных систем, способов и механизмов управления данными, знание принципов организации, состава и схемы работы операционных систем. Кроме того, область профессиональной деятельности магистров включает не только применение, но также разработку и исследование современного программного обеспечения. То есть специалисты в области прикладной математики должны обладать более высоким уровнем алгоритмической культуры. В.В. Монахов писал: «Алгоритмическая культура является той частью математической культуры, которая способствует формированию и развитию у учащихся специфических представлений и умений, связанных с пониманием сущности алгоритма и его свойств, пониманием сущности языка программирования как средства записи алгоритма, пониманием алгоритмического характера методов математики и их приложений, связанных с владением приемами и средствами записи решения задач на алгоритмическом языке, который «понимает» компьютер и команды на котором он может исполнить. Учащиеся должны знать и уметь, когда и как использовать ЭВМ в соответствии со своим общим уровнем алгоритмической и интеллектуальной подготовки». [4]. Алгоритмическая культура формируется не только в процессе изучения информатики, но и в процессе изучения всех учебных дисциплин, в том числе и стохастики.

Таким образом, в применении информационно-коммуникационных технологий при подготовке студентов направления «Прикладная математика» можно выделить два аспекта. Во-первых, специфика профессиональной деятельности прикладного математика в условиях информационного общества заключается в необходимости достижения не только уровня «продвинутого пользователя», но уровня профессионального владения ИКТ. Это применение прикладного программного обеспечения в ходе математического моделирования; программирование, создание наукоемкого программного обеспечения, его тестирование и отладка; поиск и хранение информации, эффективная коммуникация; самообразование, способность и готовность приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической профессиональной деятельности новые знания и умения. Во-вторых, ИКТ применяются как средство обучения в преподавании различных разделов математики с целью достижения понимания, формирования понятий, формирования системы умственных действий в конкретной предметной области. Поскольку при изучении математики моделируется будущая профессиональная деятельность, то ИКТ в обучении математике становятся и средством формирования профессиональных компетенций. То есть начинают выполнять все три функции ИКТ: быть средством обучения, средством автоматизации вычислений, средством познания. Из спектра различных мнений, представленных в работах по проблемам применения ЭВМ в учебном процессе, выделим принцип применения компьютера в качестве инструмента познания. Данный принцип противопоставляется

принципу использования компьютера как средства для выполнения вычислений [5]. На наш взгляд этот аспект применения ЭВМ является ключевым в подготовке студентов математических специальностей, ибо в современных условиях математик обязан быть исследователем, в совершенстве владеющим компьютерными технологиями.

Например, при переходе к изучению раздела «Случайные процессы» у студентов, как правило, возникают трудности с усвоением базовых понятий таких как «случайный процесс», «траектория случайного процесса», «сечение случайного процесса», «математическое ожидание и дисперсия случайного процесса», «усреднение по вертикали», «усреднение по горизонтали», поскольку понимание их сути требует синтеза знаний, полученных при изучении учебных дисциплин «математический анализ» и «теория вероятностей и математическая статистика», изучавшихся параллельно. Кроме того, в процессе освоения теоретико-вероятностных разделов математики большое значение имеет опыт взаимодействия с объектами, имеющими случайную природу. И именно подобного опыта недостает студентам при переходе к новому более сложному уровню – изучению динамических случайных моделей. В данной ситуации эффективным является применение в учебном процессе компьютерных технологий, поскольку такие дидактические возможности ИКТ как автоматизация процессов вычисления, компьютерное моделирование, компьютерная визуализация учебной информации, возможность интерактивного диалога позволяют заложить основу системы умственных действий при работе с новыми объектами, создать основу для мысленного моделирования.

Рассмотрим пример. Студентам предлагается для выполнения лабораторная работа «Моделирование случайных процессов», представляющая собой самостоятельное исследование с последующей защитой [6]. В процессе предварительного обсуждения формулируются цели занятия:

Формирование навыков стохастического моделирования.

Уяснение сущности и связи понятий «случайный процесс», «траектория случайного процесса», «сечение случайного процесса», «математическое ожидание и дисперсия случайного процесса», «усреднение по вертикали», «усреднение по горизонтали».

Экспериментальная проверка свойств случайных процессов и возможности вычисления их числовых характеристик опытным путем.

Формирование навыков исследования явлений, имеющих вероятностную природу.

В процессе выполнения лабораторной работы предлагается использовать стандартные пакеты прикладных программ (например, Excel), или создать свой программный продукт. Выбор зависит от уровня подготовки студентов, времени, отведенного на освоение учебной дисциплины, педагогических целей, что позволяет создавать

индивидуальные траектории в обучении. Выдаются варианты заданий случайных процессов для индивидуальной работы. В процессе обсуждения формулируется ориентировочная основа действий по выполнению лабораторной работы, включающая следующие этапы.

Для каждого случайного процесса вычислите математическое ожидание, постройте графики траекторий, эмпирического среднего сечений и математического ожидания. Сравните математическое ожидание и эмпирическое среднее.

Дайте определение случайного процесса, сечения и траектории случайного процесса.

Дайте определение математического ожидания случайного процесса.

Сформулируйте алгоритм

- моделирования случайной величины с заданным распределением;
- построения траектории случайного процесса;
- вычисления эмпирического среднего случайного процесса.

В отчет по лабораторной работе включите

- 1) Формулы случайного процесса и его математического ожидания;
- 2) Графики траекторий случайного процесса, эмпирического среднего сечений и математического ожидания;

3) Выводы о возможности приближения математического ожидания случайного процесса усреднением его траекторий «по вертикали»;

4) Выводы о том, как влияет количество реализаций на точность приближения математического ожидания эмпирическим средним.

На данном примере можно убедиться, что усвоение содержания учебной дисциплины и формирование понятий неразрывно связаны с развитием универсальных общекультурных и профессиональных умений (компетенций). Кроме того, нельзя не согласиться с мнением исследователей о том, что использование ИКТ в обучении математике может быть успешным только в случае учета специфики содержания учебной дисциплины.

Итак, приступая к проектированию и разработке системы по применению ИКТ в курсе обучения стохастике, необходимо подчеркнуть тот факт, что вероятностные идеи играют важную роль в современном научном познании, формировании научной картины мира, наиболее адекватно отражающей изменчивость, нестабильность, риски информационного общества. Благодаря развитию стохастических методов и моделей применение математики расширило свои границы от изучения простых и точных зависимостей до моделирования сложных явлений в экономике, социологии, психологии, медицине, образовании и других сферах, где действует человек, обладающий свободой воли и свободой выбора. В силу этого теоретико-вероятностные разделы математики (стохастика) занимают особое положение в структуре профессиональной подготовки студентов направления «Прикладная математика», поэтому необходимо научно обоснованное комплексное применение ИКТ в учебном

процессе.

Свидетельством актуальности разработки компьютерной поддержки курса стохастики является как появление ряда исследований на данную тему, так и выход учебников по теории вероятностей и математической статистике, предусматривающих использование компьютеров при изучении материала. Следует, однако, заметить, что использование информационных технологий в качестве поддержки курса стохастики, как правило, ограничено расчетами при решении задач теории вероятностей и математической статистики. Недостаточно внимания уделяется моделированию случайных событий, применению метода Монте-Карло. Так Г.С. Евдокимовой [7], в исследовании которой акцент делается на использовании компьютера как средства обучения, разработана обучающая программа для школьников, применение информационных технологий в стохастической подготовке студентов не предусмотрено. В работе С.А. Самсоновой [8] разработано содержание лабораторного практикума по математической статистике с применением компьютерной системы Mathcad. Тематика лабораторных работ охватывает такие разделы как вычисление оценок параметров распределений и проверка статистических гипотез. Предлагается также использовать систему Mathcad в ходе практических занятий по теории вероятностей для расчетов значений вероятности при решении задач, что позволяет избежать рутинных вычислений, высвободив время для изучения большего объема учебного материала. Данная методическая система, несомненно, повышает эффективность профессиональной подготовки учителей математики, однако компьютер по-прежнему используется как средство вычислений. С.Н. Дворяткиной разработана адаптивная компьютеризированная система задач для организации практических аудиторных занятий и обеспечения самостоятельной работы студентов [9]. Таким образом, проведенный обзор подтверждает мнение Мартиросян [10] о частичном, локальном применении ИКТ и при обучении теории вероятностей в вузе.

Приступая к разработке системы применения ИКТ в курсе стохастики для максимально эффективного использования их дидактических возможностей определим основные положения.

Цели: подготовка прикладного математика, компетентного конкурентоспособного специалиста, обладающего высоким уровнем профессиональной культуры в области вероятностных методов и моделей.

Задачи:

- 1) Понимающее усвоение вероятностной математики;
- 2) Формирование профессиональных компетенций;
- 3) Развитие личности.

Психологическая основа: иерархическая модель личности К.К. Платонова, рассматривающая человека как единство трех уровней (формы отражения, жизненный опыт, направленность личности).

Принцип: целостность, реализующаяся в таких аспектах как

1) Комплексность и системность применения ИКТ во всех формах обучения (лекция, практика, лабораторная работа, научно-исследовательская деятельность) и в самостоятельной работе;

2) Формирование как целостного знания и понимания вероятностных разделов математики, так и развитие системы общекультурных и профессиональных умений (компетенций);

3) Соответствие применяемых ИКТ специфике теоретической основы изучаемых вероятностных разделов математики;

4) Достижение единства уровней иерархической структуры личности посредством лично ориентированного обучения, предусматривающего возможность дифференциации и индивидуализации обучения.

Функции ИКТ в учебном процессе:

- поиск и хранение информации;
- обучение;
- автоматизация вычислений;
- контроль результатов обучения;
- средство познания.

Для обеспечения комплексного использования ИКТ при обучении стохастике с целью учета специфики теоретического содержания изучаемых разделов теоретико-вероятностной математики на основе изучения философской, методической и учебной литературы были выделены ключевые понятия и система базовых вероятностных моделей соответствующих учебных дисциплин. В результате учебный материал был разбит на модули, и в соответствии с полученным разбиением были определены структура и содержание заданий с применением ИКТ на аудиторных занятиях и при самостоятельной работе студентов. В частности для разделов «Теория вероятностей» и «Математическая статистика» система заданий представлена в учебном пособии [6]. Материал в данном учебном пособии структурирован так, чтобы изучению темы было посвящено отдельное занятие. Это особенно важно для системы заочного обучения, поскольку у студентов возникают проблемы с организацией самостоятельной работы.

Необходимо напомнить два важных принципа использования ЭВМ в учебном процессе при обучении стохастике: как средства вычисления (для расчетов значений вероятности при решении задач или для вычисления числовых характеристик выборки при анализе данных), а также как инструмента познания (в процессе стохастического компьютерного моделирования). В первом случае удастся избежать рутинных вычислений. Во втором – открывается перспектива, как в познавательном плане, так и для осознания связи информатики с математикой, естественными и гуманитарными науками, что способствует развитию интуиции и исследовательских навыков в ситуациях неопределенности и выбора, активизирует познавательную деятельность.

Так, например, в [6] предусмотрено занятие, посвященное изучению

возможностей применения Excel и системы STATISTICA при вычислении вероятностей. Подробно рассматриваются функции Excel для решения задач комбинаторики и на вычисление вероятностей. Подобные функции системы STATISTICA предлагается изучить самостоятельно. Сравнение возможностей различных программных продуктов важно для понимания сути вероятностных моделей и для формирования готовности самостоятельно осваивать новые прикладные программные средства.

Несмотря на то, что автоматизация вычислений, позволяя экономить время и создавая возможности для решения творческих задач, способствует повышению эффективности обучения, нам представляется, что именно математическое моделирование с применением информационных технологий позволяет в полной мере реализовать принцип применения ЭВМ в качестве инструмента познания. И именно компьютерное моделирование, применяемое в обучении, в наибольшей мере способствует формированию стохастической культуры студентов. Проблемы использования компьютерного моделирования в учебном процессе рассмотрены в работах А.А. Володина, Л.В. Кулевой, А.О. Прокубовской, Д.А. Саватеева и других. Вопросы применения компьютерного моделирования при обучении стохастике рассмотрены в статье [5]. Система заданий, направленных на развитие навыков компьютерного моделирования при изучении курса теории вероятностей и предназначенных для аудиторной и самостоятельной работы студентов, представлена в пособии [6].

В заключение отметим, что применение ИКТ в обучении является мощным инструментом не только активизации познавательной деятельности, но и формирования важнейших в условиях информационного общества профессиональных и общекультурных компетенций прикладных математиков.

Литература

1. Рагулина М.И. Компьютерные технологии в математической деятельности педагога физико-математического направления // Автореф. дисс. доктора пед. наук. Омск, 2008. 44 с.
2. Корнилов В.С. Обучение обратным задачам для дифференциальных уравнений как фактор гуманитаризации математического образования: Монография. М.: МГПУ, 2006. 320 с.
3. Кузнецова Е.В. Формирование стохастической культуры студентов технического университета посредством применения информационных технологий // Сибирский педагогический журнал. 2010. №1. С. 130-137.
4. Монахов В.М. Психолого-педагогические проблемы обеспечения компьютерной грамотности учащихся // Вопросы психологии. 1985. № 3. С. 14-22.
5. Кузнецова Е.В. Роль компьютерного моделирования в формировании стохастической культуры студентов технического университета // Российский научный журнал. 2010. №3. С. 185-190.
6. Кузнецова Е.В., Галкин А.В., Жбанов С.А. Компьютерный практикум по теории вероятностей и математической статистике: Учебное пособие / Липецк: ЛГТУ. 2011. 80 с.
7. Евдокимова Г.С. Теория и практика обучения стохастике при подготовке преподавателей математики в университете // Дисс. доктора пед. наук. Москва. 2001. 415 с.
8. Самсонова С.А. Методическая система использования информационных технологий при обучении стохастике студентов университетов // Дисс. доктора пед. наук. Москва. 2005.

344 с.

9. Дворяткина С.Н. Вариативная модель организации учебно-воспитательного процесса инженерных и социогуманитарных специальностей на примере вероятностно-статистических дисциплин. Монография. Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2011. 286 с.
10. Мартиросян Л.П. Теоретико-методические основы информатизации математического образования // Автореферат диссертации д-ра пед. наук. Москва. 2010. 42 с.

Лыткина Е.А.¹, Чиркова Л.Н.²

¹Северный Арктический федеральный университет им. М.В.Ломоносова (САФУ), Архангельск, старший преподаватель кафедры информатики и информационной безопасности, магистрант 2 курса, e.lytkina@agtu.ru

²Северный Арктический федеральный университет им. М.В.Ломоносова (САФУ), Архангельск, кандидат педагогических наук, доцент кафедры экспериментальной математики и информатизации образования, адрес lncir@yandex.ru

Опыт проектирования структуры и содержания электронного дистанционного курса с учетом компетентностной модели выпускников технических направлений подготовки

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Диверсификация, образовательные программы, электронные дистанционные курсы, структура и содержание учебных электронных курсов.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена актуальной задаче внедрения современных организационных форм электронного обучения в условиях информатизации образования при подготовке инженерных кадров.

Развитие современного образования в соответствии с требованиями времени, широкое внедрение информационных технологий обуславливают совершенствование российской системы высшего профессионального образования. К наиболее перспективным направлениям информатизации высшего образования относятся разработка и оптимальное использование средств информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), а именно электронных образовательных изданий и ресурсов (ЭОИР), и расширение масштабов их внедрения в учебный процесс, способных обеспечить формирование системы компетенций, готовность обучающихся к продуктивной деятельности в профессиональной сфере, а также к самостоятельному продолжению образования в дальнейшем.

Актуальным становится развитие дидактики в условиях информатизации образования, а значит и новых организационных форм и методик подготовки инженерных кадров на основе развития вузовского сетевого взаимодействия, которое «обеспечивает возможность освоения обучающимся образовательной программы с использованием ресурсов нескольких организаций, осуществляющих образовательную деятельность, в том числе иностранных, а также при необходимости с использованием ресурсов иных организаций» [1].

Для формирования профессиональных и общекультурных

компетенций будущих инженеров требуются принципиально новые условия обучения, а именно, предоставление обучающимся возможности построения индивидуальных образовательных траекторий, основанных на использовании сетевого взаимодействия с другими учреждениями высшего профессионального образования, и использования электронного обучения (E-Learning) и дистанционных образовательных технологий.

Приоритетным направлением сетевого взаимодействия является межвузовское сотрудничество, основывающееся на объединении научного, творческого, технологического и методического потенциала. Проектирование и реализация образовательных программ, содержания учебных дисциплин в условиях сетевого взаимодействия осуществляются на основе принципа единства образовательного, научного и инновационного процессов в вузе, что задает практическую ориентированность подготовки инженерных кадров.

Эффективность подготовки будущих инженеров во многом зависит от уровня ресурсообеспечения образовательного процесса, что обуславливает необходимость пересмотра образовательных программ и их содержания в свете современных требований перехода на электронное обучение.

Под термином электронное обучение в законе «Об образовании в РФ» понимается «организация образовательной деятельности с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие обучающихся и педагогических работников» [1].

В нашей работе мы будем рассматривать электронное обучение, как «обучение, построенное с использованием информационных и телекоммуникационных технологий, охватывающее весь спектр действий, начиная от поддержки процесса обучения, до доставки учебного контента слушателям» [2].

К наиболее значимым технологиям и средствам электронного обучения можно отнести: системы дистанционного обучения, курсы дистанционного обучения, MP3-плееры, CD-ROM, Web-сайты, блоги, чаты и т.д. Интеллектуальным ядром информационно-методических электронных материалов используемых для электронного обучения являются автоматизированные обучающие системы (АОС), например WEB-site, Moodle, Sakai, где информация представлена в текстовом, графическом и мультимедийном виде.

Анализ мировых тенденций развития образовательных систем показывает, что в настоящее время актуальным является сетевое взаимодействие вузов на базе диверсификации образовательных программ, содержания учебных курсов (в том числе электронных), образовательных модулей.

Диверсификация (от латинского *diversus* - разный, разносторонний, *facio* - делаю) предполагает расширение активности, развитие направлений деятельности. Диверсификация в системе образования рассматривается учеными как реакция на кардинальные внешние изменения. В нашем исследовании внешним фактором является информатизация общества в целом и информатизация образования в частности. Диверсификации, как правило, подвержены в большей степени сеть образовательных учреждений, образовательные программы и структуры управления [8].

Применительно к образовательным программам диверсификация представляет собой процесс, направленный на создание множества программ подготовки, электронных образовательных курсов по выбору, имеющих гибкую структуру, содержание и вариативное предметное поле.

В свете перехода на многоуровневую систему высшего образования, обусловленную национальными образовательными потребностями, основной вид диверсификации образовательных программ — это диверсификация по образовательному уровню (бакалавриат, магистратура, аспирантура, докторантура). В то же время, на разных уровнях высшего профессионального образования реализуется множество программ, учебных дисциплин, различающихся образовательными целями и задачами отдельных вузов, экономическими условиями и требованиями рынка труда, возможностями и ресурсами вузов, интересами и потребностями обучаемых.

Как показывает международная образовательная практика, вариативным параметром при диверсификации содержания программ подготовки является состав дисциплин предметного поля и тематических модулей дисциплин, различающихся по уровням сложности: базовые/элективные (*core/ elective*); основные/дополнительные (*major/ minor*); отвечающие за глубину/широту (*depth/breadth*) [5]. Условиями успешной диверсификации программ является применение современных информационных образовательных технологий, компетентностного подхода при формулировании целей образовательной программы или курса [3].

При проведении диверсификации учебных курсов (в том числе электронных) необходимо обратить внимание на соответствие требованиям федеральных образовательных стандартов профилю образования, видам, областям и объектам профессиональной деятельности выпускников. В процессе диверсификации содержания образования могут изменяться количество модулей по профилю подготовки и входящих в них дисциплин, их объемы, индивидуальные планы подготовки студента.

Диверсификация структуры программ подготовки обеспечивает многообразие модулей и их наполнение множествами учебных дисциплин по выбору студентов. Структурирование учебного курса (дисциплины) ведется с учетом требований глубины и широты к содержанию образовательной программы в соответствии с квалификационными

требованиями к выпускнику. Проектирование структуры и содержания с учетом выбранной стратегии их реализации позволяет строить подготовку будущего инженера на базе разработанной компетентностной модели выпускника, соответствующей конкретному виду профессиональной деятельности [5].

Анализируя российские и зарубежные научные труды в области применения электронного обучения, можно сделать вывод, что электронное обучение предполагает проектирование учебного процесса с широким привлечением методических и учебных материалов нового типа (дистанционных курсов, электронных учебников и электронных методических пособий и других ЭОИР), и проектирования их содержания.

Ученые А.Я.Ваграменко, О.А.Козлов, Л.Х. Зайнутдинова, Б.С.Гершунский и др., работающие в области электронного обучения, рассматривают реализацию дидактических возможностей ИКТ за счет осуществления интерактивного диалога, компьютерной визуализации учебной информации, моделирования изучаемых объектов, комплексной подачи зрительной и аудио- и видеоинформации [6, 7].

Академик И.В. Роберт считает, что в условиях информатизации образования возникла необходимость в развитии дидактики и расширения ее основных положений. Развитие дидактики в современных условиях предполагает развитие теории обучения, цели которого отражают запросы на подготовку члена современного информационного общества массовой глобальной коммуникации, содержание отражает кардинальные изменения, происходящие в науке, технике и производстве, методы – адекватны современному методу познания научных и социальных закономерностей, а средства реализуют дидактические возможности информационных и коммуникационных технологий [4]. В концепции развития дидактики в условиях информатизации образования И.В. Роберт представляет сравнительные характеристики основных компонент традиционной педагогической науки и педагогической науки, развивающейся в условиях информатизации образования.

Предмет дидактики в традиционной педагогической науке – это процесс образования, состоящий из содержания образования (учебные планы, программы, учебники), средств обучения; организационных форм, методов обучения; воспитательного потенциала учебного процесса; условий, благоприятствующих активному учебному и творческому труду и умственному развитию обучаемого [4].

В условиях информатизации образования предмет дидактики видоизменяется. Содержание образования представляется в виде размещаемых на образовательных платформах электронных дистанционных курсов (ЭДК), электронных учебников и пособий, а также учебных планов и программ в электронном виде. Социально-культурная роль самого образовательного процесса реализуется на базе использования распределенного информационного ресурса локальных и глобальных

сетей с применением облачных технологий. Педагогическая продукция должна удовлетворять стандартам педагогико-эргономического качества. В организационных формах и методах обучения должны использоваться средства мультимедиа, гипертекста, телекоммуникаций (дистанционное обучение, метод-проектов, урок-презентаций, урок-мультимедийная лекция, индивидуальное компьютерное тестирование практикумы с интерактивными заданиями, виртуальные лаборатории и др.). Появляются средства и системы автоматизации информационно-методического образовательного процесса (например, система Sakai), организационного управления и мониторинга (например, система Tandem).

Результатами обучения студентов в условиях развития дидактики должны быть активизация самостоятельной интеллектуальной деятельности, развитие возможностей и реализации способностей к познанию, творческой инициативе, собственное самосовершенствование в дальнейшем, приобретение умений использовать средства ИКТ для самостоятельного представления, извлечения, формализации информации и знания, развитие информационной культуры адекватно современному уровню развития информационного общества [4].

Следует отметить, что в настоящее время имеет место недостаточная разработанность дидактических аспектов использования электронного обучения в образовательном процессе вузов, что является главной причиной разрыва между потенциальными и реальными возможностями использования информационных технологий в современном профессиональном образовании.

Решением вышеперечисленных задач дидактики в условиях информатизации образования является диверсификация содержания учебных курсов, определение их структуры, объема, представление курсов в электронном виде, которое удовлетворяет педагогико-эргономическим качествам и соответствует социально-культурному и научно-техническому уровню развития современного общества, и выявленному уровню интеллектуального развития обучающегося.

Мы предлагаем рассмотреть некоторые дидактические аспекты на примере проектирования содержания учебной дисциплины «Информатика» для электронного обучения в вузе для бакалавров технического профиля. Был разработан ЭДК, размещенный на автоматизированной обучающей системе (АОС) Sakai, доступ к которой имеют все студенты САФУ им. Ломоносова. Как видно из рисунка (рис. 1) курс имеет не линейную, а разветвляющую структуру, что позволяет студентам выстраивать собственную траекторию изучения учебного материала.

Материалы для изучения представлены в виде текста и/или презентации лекций, графические, аудио и видеоматериалы, научные статьи, хрестоматийные материалы и др. В рамках обновления содержания образования преподавателю предоставляется возможность формирования

индивидуальной траектории в освоении учебного материала по дисциплине путем управления структурой и содержанием учебно-познавательной деятельности обучаемого.



Рис. 1. Структура разработанного ЭДК по «Информатике»

По структуре курса видно, что студенту предлагаются ресурсы справочного и энциклопедического характера, а также в электронной форме средства измерения, контроля и оценки результатов учебной деятельности (рис. 2).

Представленный курс внедрялся наряду с традиционными средствами обучения в группах бакалавров по направлению подготовки 140400 «Электроэнергетика и электротехника».

В ходе диверсификации содержания и структуры учебной дисциплины «Информатика» для электронного обучения и дальнейшей работы студентов с ЭДК обостряется рефлексия их собственной деятельности, произошло осознание ими личностного содержания образования, выразившееся в стремлении проверить себя на

профпригодность. Это подтвердилось при проведении итогового анкетирования по вопросу выявления отношения студентов к данной форме обучения.



Р

ис. 2. Пример индивидуального компьютерного тестирования

Всего опрошено 44 студента, получены следующие результаты:

- 84,1 % студентов считают, что их информационная культура повысилась в процессе обучения с ЭДК;
- 81,8 % обучающихся считают, что в рамках ЭДК можно выстроить индивидуальную траекторию обучения;
- 77,3 % студентов видят возможность в регулировании скорости своего обучения в зависимости от индивидуальных особенностей личности;
- 90,9 % студентов считают проведение компьютерного индивидуального тестирования удобнее, чем обычный опрос;
- у 86,4 % студентов появилось желание обучаться с помощью ЭДК и по другим дисциплинам.

Анализируя ФГОС по подготовке бакалавров направления 140400 «Электроэнергетика и электротехника», учебный план и рабочую программу по дисциплине «Информатика», выявлено, что в ней имеются только те компетенции, которые непосредственно связаны с информацией

и информационными технологиями, а именно:

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-1);

- способность и готовность владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использовать компьютер как средство работы с информацией (ОК-11);

- способность понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защите государственной тайны (ОК-15).

Если к обучению в традиционной форме дополнительно подключить электронное обучение в рамках данной дисциплины, то вышеуказанный перечень можно дополнить еще рядом компетенций, необходимых современному инженеру, таких как:

- способность в условиях развития науки и изменяющейся социальной практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, готовность приобретать новые знания, использовать различные средства и технологии обучения (ОК-6);

- готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции (ОК-7).

Таким образом, в ходе исследования выявлено, что в процессе диверсификации содержания учебного курса «Информатика» для электронного обучения бакалавров технических направлений подготовки, у студентов повысился уровень информационной культуры, возрос интерес к непрерывному обучению и самообразованию в дальнейшей жизни.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2012 г. N 273-ФЗ (в ред. от 07.05.2013 N 99-ФЗ) «Об образовании в Российской Федерации».
2. Лыткина Е.А., Чиркова Л.Н. К проблеме проектирования содержания образования учебного предмета «Информатика» для электронного обучения бакалавров технических направлений подготовки. / электр. период. изд. «Информационная среда образования и науки» ФГНУ «Институт информатизации образования» РАО. № 20, 2014 г., с. 20-24.
3. Чиркова Л.Н. Диверсификация образовательных учреждений как фактор развития современной образовательной системы/ Актуальные проблемы общего и профессионального образования: сборник статей преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов. Вып. 7, САФУ. – Архангельск: КИРА, 2013. – С. 215-226.
4. Роберт И.В. Развитие дидактики в условиях информатизации образования как трансфер-интегративной области научного знания. (Концепция). М.: ИИО РАО, 2014, 38 с.
5. Computing curricula 2001. Computer Science Volume [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.acm.org/education/cc2001/final>
6. Парфенов Е.А. Педагогические условия саморазвития личности в дистанционном обучении иностранному языку: Дис. канд. пед. наук: 13.00.01 : Якутск, 2004, 171 с.
7. Козлов О.А., Солодова Е.А., Холодов Е.Н. Некоторые аспекты создания и применения компьютерного учебника // Информатика и образование. – 1995. - № 3. – С.72.
8. Коджаспирова Г.М. Словарь по педагогике [Текст] / Г.М. Коджаспирова, А.Ю. Коджаспиров. — М.: Март, 2005.— 448 с.

Макашова В.Н.¹, Чусавитина Г.Н.²

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, к.п.н., доцент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий, makashova.vera@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г.Магнитогорск, к.п.н., профессор кафедры бизнес-информатики и информационных технологий, gala_m27@mail.ru

Модернизация ИТ-инфраструктуры образовательных учреждений в целях обеспечения информационной безопасности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИТ-инфраструктура, информационная безопасность, профилактика киберпреступности, киберэкстремизм, контент-фильтрация, мониторинг интернет-ресурсов, web-серфинг.

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы обусловлена широким применением информационных технологий в образовательных учреждениях и повышением требований к содержанию Интернет-контента. В статье рассмотрены основные аспекты модернизации информационной инфраструктуры образовательного учреждения. Даны рекомендации по модернизации ИТ-инфраструктуры, обеспечивающие информационную безопасность образовательных учреждений.

В настоящее время происходит стремительное развитие информационных технологий. Они являются одним из основных инструментов обеспечения деятельности современного образовательного учреждения. По статистическим данным за последние годы возросла степень информатизации учреждений образования. Вычислительной техникой в России располагают 98% образовательных учреждений [2]. Весьма активно используются сетевые технологии: 88% образовательных учреждений имеют локальные сети, более 90% подключены к глобальной сети Интернет, также практически все учебные заведения имеют свои Web-сайты[5].

Нарастающая зависимость деятельности образовательных учреждений от ИТ заставляет признать быстрый рост приоритета новой для системы образования задачи повышения эффективности управления информационной инфраструктурой[7].

В составе современной ИТ-инфраструктуры выделяют следующие основные части:

- компьютеры (рабочие станции пользователей);
- ноутбуки, мобильные устройства, смартфоны, PDA и т.д.;
- сервера (выделенные сервера, выполняющие разные задачи) и системы хранения;
- программное обеспечение серверов и рабочих станций;
- оргтехнику (принтеры, копировальная техника, факс аппараты, сканеры и т.д.);
- локальные и глобальные сети, оборудование и программное обеспечение (ПО) для передачи голоса и данных;
- активное сетевое оборудование и телефонию (маршрутизаторы, коммутаторы, телефонные станции);
- операционные системы;
- инфраструктурное ПО: СУБД, интеграционное ПО и интеграционные платформы, приложения для коллективной работы (почта, календари и т.д.);
- ПО для разработки приложений;
- оборудование и ПО для обеспечения информационной безопасности.

Сегодня наблюдается резкий рост сложности ИТ-инфраструктур, которые становится все труднее поддерживать. Вычислительные мощности образовательных учреждений увеличиваются в среднем на 30% ежегодно, количество хранимых данных возрастает минимум на 60%, что приводит к необходимости регулярной модернизации ИТ-инфраструктуры. Под модернизацией ИТ-инфраструктуры мы понимаем усовершенствование, улучшение или обновление существующего комплекса взаимосвязанных систем передачи данных, настольных ПК, операционных, аппаратных и программных информационных систем.

При планировании модернизации на наш взгляд необходимо учитывать особенности ИТ-инфраструктуры образовательного учреждения (см. таб. 1).

Мы провели опрос ответственных по информатизации в образовательных учреждениях Челябинской области в результате был получен материал, систематизация которого позволила нам сделать вывод, что приоритетным направлением в модернизации ИТ-инфраструктуры является обеспечение информационной безопасности, в рамках которого чаще всего образовательное учреждение осуществляет:

- предотвращение несанкционированного доступа к информации и (или) передачи ее лицам, не имеющим права на доступ к информации;
- своевременное обнаружение фактов несанкционированного доступа к информации;
- предупреждение возможности неблагоприятных последствий нарушения порядка доступа к информации;
- недопущение воздействия на технические средства обработки

информации, в результате которого нарушается их функционирование;

- возможность незамедлительного восстановления информации, модифицированной или уничтоженной вследствие несанкционированного доступа к ней;
- постоянный контроль за обеспечением уровня защищенности информации;
- создание резервных копий баз данных на серверах образовательных учреждений, осуществляемое ежедневно в автоматическом режиме.

Однако на наш взгляд всем образовательным учреждениям необходимо включить мероприятия направленные на профилактику киберэкстремизма, так как киберэкстремисты используют компьютерные сети (чаще всего Интернет) для пропаганды своих взглядов, вербовки сообщников, сбора пожертвований, размещения руководств по организации терактов, психологического терроризма, сбора информации о предполагаемых целях и объектах шантажа, подготовки террористов, пропаганды расовой, религиозной и других форм нетерпимости [1]. С учетом развития процессов глобальной информатизации, экстремизм только усиливает свои позиции. Государства всего мира, затронутые опасным социальным и политическим явлением, противостоят экстремизму разными методами и способами. С учетом современных реалий, многие государства сегодня борются с экстремизмом и в реальной, и виртуальной действительности.

Сегодня все действующие террористические группы обнаруживают свое присутствие в Интернете. К наиболее значимым террористическим организациям, активно использующим ресурсы Интернет, можно отнести: ХАМАС (Движение исламского сопротивления, международная), «Хезболла» («Партия Аллаха», международная), «Аль-Джихад» (Египетский исламский джихад), «Братья-мусульмане» («Аль-Ихван аль-Муслимун», международная) «Народный фронт освобождения Палестины», «Конграгел» (бывшая Рабочая партия Курдистана), «Реальная ИРА» (Ирландия) и ряд других. Большинство из них объявлены запрещенными (по данным Агентства экономической безопасности ЮНИОН <http://org77.ru/15453>).

Таблица 1 – Отличия ИТ-инфраструктуры образовательного учреждения от ИТ-инфраструктуры коммерческого предприятия

№ п/п	Критерий	Образовательное учреждение	Коммерческое предприятие
1	Цель	Удовлетворение потребностей пользователей в качественных образовательных услугах. Обеспечение соответствия ИТ-инфраструктуры стратегическим целям вуза Эффективная организация учебного процесса (образовательный портал, электронный кабинет преподавателя, электронная библиотека, электронное расписание, оборудование мультимедийных аудиторий, дистанционное обучение)	Удовлетворение экономических потребностей предприятия
2	Назначение	Поддержка основного бизнес-процесса – образовательного, а также вспомогательных бизнес-процессов.	Обеспечение работоспособности ИС предприятия
3	Безопасность	Обеспечение надлежащего уровня разграничения доступа к программно-техническим ресурсам и информации. Информация, содержащая персональные данные, скрыта от посторонних лиц и сотрудников, не имеющих соответствующего уровня доступа. Оперативное реагирование на угрозу и её устранение.	Обеспечение надлежащего уровня разграничения доступа к программно-техническим ресурсам и информации. Информация, содержащая коммерческую тайну, скрыта от посторонних лиц и сотрудников, не имеющих соответствующего уровня доступа.
4	Функциональность	Функциональность обеспечивается управлением данными, оборудованием и системным программным обеспечением и поддержкой конечных пользователей.	Функциональность обеспечивается управлением данными, оборудованием и системным

			программным обеспечением и поддержкой конечных пользователей.
5	Адаптивность (гибкость и масштабируемость)	Способность адаптироваться (приспосабливаться) к любым изменениям. Гарантия работоспособности при любых изменениях.	Способность адаптироваться (приспосабливаться) к любым изменениям. Гарантия работоспособности и при любых изменениях.
6	Финансирование	Не способность своевременного финансирования проектов, направленных на информатизацию образования по причине государственного финансирования.	Наличие постоянного инвестиционного бюджета

В технологическом плане профилактика киберэкстремизма в образовательном учреждении может быть сведена к следующему [3,4]:

- контент-фильтрация призвана осуществлять контроль за содержанием потоков информации, передаваемых в Интернет и получаемых из сети в локальную вычислительную сеть. К задачам систем контент-фильтрации относятся также проверка информации, хранящейся в локальной сети, контроль за содержанием электронной почты, а также контроль за просматриваемой информацией с целью предотвращения использования Интернета в личных целях. Необходимость систем контент-фильтрации диктуется тем, что Интернет это источник информации, за который никто не несет ответственности, и вероятность получения из него недостоверной, оскорбительной, пиратской или запрещенной по другим причинам информации весьма велика. Наличие во внутренней сети учебного заведения подобной информации может вызвать не только претензии к ученикам, которые подобный контент скачивают на рабочую станцию сети, но и к уголовному преследованию администрации, которая допускает хранение подобных материалов. Отметим, что нежелательным контентом может являться также тот, который отвлекает от учебного процесса.

- мониторинг интернет-ресурсов, который дает быструю и точную картину Web серфинга. Данные об интернет активности защищены криптографически и хранятся в недоступном для неавторизованного просмотра виде. Любой посещенный ресурс может быть просмотрен, и впоследствии добавлен в список разрешенных или запрещенных листов. Используя специальные механизмы ограничения работы по времени,

можно задать в период учебного дня «список» порталов исключительно для образования, а во внеурочное время открыть доступ к порталам попадающим в белый список и не нарушая «Единый реестр» доменных имен, указателей страниц сайтов в сети Интернет.

Благодаря применению механизмов фильтрации и мониторинга можно не только обеспечить безопасное подключение для передачи данных, но и контролировать работу и деятельность учащихся, отслеживая посещаемость Интернет-ресурсов. Можно ограничить от нежелательного контента, тем самым препятствовать негативному развитию. Однако стоит понимать, что не все сайты будут попадать в список разрешенных, в виду разногласий в сети Интернет. Поэтому следует своевременно настраивать и редактировать список сайтов, к которым будет организован доступ, не нарушая правила «Единого реестра».

В образовательном учреждении контент может фильтроваться на трех уровнях: провайдера, сервера и клиентской станции [6]. В случае серверной фильтрации трафик отсеивается на выделенном компьютере, где настроены доступ в Интернет и передача его на остальные компьютеры через локальную сеть. Известные программы для организации серверной контент фильтрации для Windows – систем: МКФ, UserGate, Kerio, ISA Server, SafeSquid, а также прокси-серверы, на которых можно организовать фильтрацию. Для Linux-систем наиболее популярны DansGuardian и 27Mindwebfilter и др. При клиентской фильтрации на каждом компьютере устанавливается и настраивается программа-фильтр, что позволяет задать индивидуальные настройки для каждой машины. Примеры программных продуктов для Windows – систем: Интернет Цензор, ПКФ, NetPolice, KinderGate и др. Для Linux-систем: NetPolice ALT Linux, СКФ и др.

Отметим, что беспроводной доступ в образовательных учреждениях позволяет анонимно размещать материал на существующих интернет-ресурсах, в социальных сетях, блогах или форумах. Так же зачастую киберэкстремисты используют средства анонимизации такие как hidemyass.com - анонимный серфинг в сети, SOCKS, JAR – прокси-сервер, VPN-туннель, Tor - свободное программное обеспечение для анонимизации трафика, I2P - анонимизирующая сеть), которые предоставляют возможность скрыть основной след, ведущий к источнику материала, его сетевому IP-адресу.

Наличие развитой и устойчивой ИТ-инфраструктуры является одним из основных условий качественной организации процессов образовательного учреждения на современном этапе развития информационного общества. Развитая и устойчивая ИТ-инфраструктура основывается на современных решениях в области информационной безопасности.

Публикация выполнена в рамках работы над проектом РГНФ № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Литература

1. Зеркина (Чернова) Е.В., Чусавитина Г.Н. ИКТ: инновация небезопасная // Народное образование. 2008. № 8.С. 273 – 276.
2. Зеркина Е.В., Чусавитина Г.Н., Подготовка будущих учителей к превенции девиантного поведения школьников в сфере информационно-коммуникативных технологий. - Магнитогорск: МаГУ, 2010. – 180 с.
3. Макашова В.Н., Механизмы противодействия киберэкстремизму и кибертерроризму в системе образования// Фундаментальные исследования, 2013, № 1, 9, 2054 – 2059.
4. Макашова В.Н., Чернова Е.В., Информационные технологии как фактор распространения идей киберэкстремизма в молодежной среде, Сборник избранных трудов VIII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина, ИНТУИТ.РУ, Москва, 2013, 328 – 336.
5. Чусавитин М.О., Чусавитина Г.Н. Анализ проблемы готовности педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи// Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи (сборник статей) / под ред. Г.Н. Чусавитиной. - Магнитогорск: МаГУ, 2013. – 162 с. – С. 153-161.
6. Чусавитина Г.Н., Курзаева Л. В., Давлеткиреева Л. З., Чусавитин М.О. Подготовка будущих учителей к обеспечению информационной безопасности: монография. Магнитогорск: МаГУ, 2013. 188 с.
7. Чусавитина Г.Н., Чернова Е.В. Толерантность как средство борьбы с экстремизмом и терроризмом // Современные проблемы науки и образования: тезисы докл. XLIII внутривуз. науч. конф. преп. МаГУ. – Магнитогорск. 2011. С. 100 – 102.
8. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З. Анализ и установление уровня зрелости информационной инфраструктуры организации для управления непрерывностью бизнеса [Текст] / Л.З. Давлеткиреева, Г.Н. Чусавитина // Современные информационные технологии и ИТ-образование: сб. тр. седьмой международ. науч.-практ. конф. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 529-544. – с.1050. – 200 экз. – ISBN 978-5-9556-0140-3
9. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З., Чернова, Е.В. Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи [Текст]: сборник статей / под. общ. ред. Г.Н. Чусавитина, Л.З. Давлеткиреева, Е.В. Чернова. – Магнитогорск, 2013. 162 с.– 200 экз.. – ISBN 978-5-4463-0050-1

Масленникова О.Е.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова»,
г. Магнитогорск, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Прикладная
информатика», maslennikovaolga@yandex.ru

Анализ современного состояния исследований по проблеме разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Индивидуальная траектория, профессиональное развитие бакалавров и магистров, автоматизированные системы, стадии создания, ИТ-индустрия.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается современность исследований по проблеме разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем, определяются задачи, тенденции и перспективы темы в социальном, образовательном аспектах, а также в контексте развития ИТ-индустрии страны и региона.

Одним из ключевых направлений поэтапного перехода Российской Федерации к инновационному социально ориентированному типу экономического развития согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года определено развитие человеческого потенциала нашей страны и обеспечивающих его социальных секторов экономики. При этом в качестве одного из достигнутых результатов данного процесса указывается переход от системы массового образования к непрерывному индивидуализированному образованию для всех, неразрывно связанному с мировой фундаментальной наукой.

Приоритеты образовательной политики Российской Федерации планомерно отражаются в нормативно-правовых актах, указах, программах и законах: Законе об образовании РФ (от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ); Национальной доктрине образования в Российской Федерации до 2025 года»; «Основные направления социально-экономической политики Правительства Российской Федерации на долгосрочную перспективу»; Национальной образовательной инициативе «Наша новая школа»; Федеральной целевой программе развития образования на 2011-2015 годы;

комплексе директивных и нормативных документов Министерства образования и науки РФ по реализации приоритетного национального проекта «Образование» (ПНПО) и региональных комплексных проектов модернизации образования (КПМО); Стратегии социально-экономического развития Уральского федерального округа на период до 2020 года и др.

Так Закон об образовании РФ (от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ) определяет принципы государственной политики и правового регулирования отношений в сфере образования, согласно которым законодательно закрепляется свобода выбора получения образования соответственно склонностям и потребностям человека, необходимость создания условий для самореализации каждого человека, свободное развитие его способностей, а также предоставление педагогическим работникам свободы в выборе форм обучения, методов обучения и воспитания; обеспечение права на образование в течение всей жизни.

Федеральная целевая программа (ФЦП) развития образования на 2011-2015 годы указывает на такие проблемы в образовательной системе при внешней ее целостности, как необходимость развития межвузовской кооперации, академической мобильности студентов и преподавателей как в Российской Федерации, так и за рубежом, а также на важность использования в образовании информационных коммуникационных технологий (ИКТ) и создания целостной электронной образовательной среды как фактора повышения качества образования.

В Основных направлениях деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года приоритетным в сфере образования обозначено: приведение содержания и структуры профессиональной подготовки кадров в соответствие с современными потребностями рынка труда и повышение доступности качественных образовательных услуг. В связи с этим необходимо реализовать ряд направлений в сфере модернизации системы высшего образования: запуск программы "Глобальное образование", которая обеспечит до 2015 года обучение за рубежом не менее 3 тыс. человек; обучение около 30 процентов студентов по программам прикладного бакалавриата; формирование независимой системы оценки качества профессионального образования; расширение практики участия бизнеса в управлении и финансировании деятельности вузов; обеспечение опережающего развития непрерывного образования; разработка 800 профессиональных стандартов по основным профессиям; создание базового методического центра профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров и др.

Ключевым механизмом реализации данных положений являются государственные программы: «Развитие образования» на 2013 - 2020 годы; «Информационное общество» (2011 - 2020 годы); «Содействие трудоустройства» до 2020; государственные программы по направлению «Сбалансированное региональное развитие» и др., а также планы регионального развития (План мероприятий по реализации Стратегии

социально-экономического развития Уральского федерального округа на период до 2020 года и др.).

По мнению Д. Медведева, ориентир государства в вопросах модернизации образовательной системы, должен состоять не столько в реализации двухуровневой структуры, сколько в развитии ее новых форм – прикладной бакалавриат и технологическая магистратура, в рамках которых «по большому счету, подготовка студентов должна идти с учетом особенностей конкретного производства, заказов конкретного работодателя и, конечно, корпоративных стандартов, которые устанавливает этот работодатель».

Федеральные государственные образовательные стандарты и федеральные государственные требования обеспечивают:

- единство образовательного пространства РФ;
- преемственность основных образовательных программ (ООП);
- вариативность содержания ООП соответствующего уровня образования, возможность формирования ООП различных уровней сложности и направленности с учетом образовательных потребностей и способностей обучающихся.

Определено место и электронного обучения в реализации образовательных программ, что расширяет принципиальные возможности в проектировании индивидуальной траектории развития профессиональных компетенций по сравнению с традиционной системой подготовки.

В последнем Бухарестском Коммюнике заявлен принцип открытости высшего образования, при получении которого студенты наряду со знаниями и навыками избранной предметной области приобретают интеллектуальную независимость и уверенность в себе, способность адекватно оценивать ситуацию и критически обосновывать свои действия.

Мировые тенденции в индивидуализации профессионального образования при переходе его на рельсы «заказа от работодателя» определяют только прикладную сторону вопроса. При этом фундаментальность высшего профессионального образования не отменяется, она в какой-то степени инварианта, но должна отражать современность, как самой предметной сферы, так и педагогической науки.

В зарубежных научных исследованиях можно выделить два основных подхода к проблеме профессионального развития человека: теория черт и факторов (Ф. Парсонс и его последователи), отрицающая влияние профессии на личность и предполагающая выбор одной профессии, подходящей к способностям человека; теория развития, признающая факт влияния профессиональной деятельности на развитие личности (психоаналитическое направление, теория решений, теория развития и типологическое направление).

Можно также отметить, что в зарубежной науке сегодня используется

сопоставимый с понятиями «профессиональное развитие», «профессионализация», термин «карьера» (М. Артур, Б.С. Лоренс, Л. Почебут, В. Чикер, Д. Холл), которая определяется как развивающаяся последовательность должностей, занимаемых человеком на протяжении его трудовой деятельности (Д. Сьюпер), как «последовательность трудовых опытов человека» (М. Артур, Б.С. Лоренс, Д. Холл).

Проблемы профессионального развития личности в контексте выявления его сущности и этапов рассматриваются отечественными педагогами и психологами К.А. Абульхановой, В.А. Бодровым, А.А. Вербицким, Е.А. Левановой, В.Д. Шадриковым и др. Целостная концепция профессионального развития личности представлена в трудах Л.М. Митиной. Вопросы формирования направленности специалиста на непрерывное профессионально-личностное самосовершенствование изучались Н.К. Сергеевым, профессионально-творческого саморазвития И.Ф.Исаевым, Л.Н.Макаровой, И.А.Шаршовым и др.

Проведенный с этих позиций анализ психолого-педагогической и другой литературы указывает на отражение в научных работах различных аспектов реализации компетентностного подхода в высшем профессиональном образовании, где: исследованы различные виды компетентности, обоснованы условия и дидактические основы формирования компетентности специалиста (Н.В. Алехина, М.Б. Бетуганова, М.А. Иванова, М.И. Глотова, А.В. Гусев, И.М. Наумова, С.И. Новоселова, Н.В. Пятаева, С.Г. Рекунов, О.М. Самохвалова, Д.В. Ушаков и др.); описана практика реализации компетентностного подхода в информационно-образовательной среде (А.Х. Ардеев, Т.Г. Везиров, Е.Г. Зуева, Н.А. Кобиашвили, Д.С. Ломакин, В.В. Михаэлис, Н.А. Моисеенко, С.Л. Мякишев, А.Г. Прокофьева и др.) и т.д.

Очевиден интерес к проблемам профессионального развития в контексте развития институтов бакалавриата и магистратуры в современных научных исследованиях. Это подтверждается тематикой докторских и кандидатских диссертаций, проектов (Проф Интегратор и др.) различного уровня (поднимаются вопросы формирования профессиональной мобильности студентов в условиях региона, моделирования процесса подготовки абитуриентов, бакалавров, магистров в условиях модернизации профессионального образования, самопроектирования как средства формирования конкурентоспособности будущих специалистов, формирования и развития различного рода компетенций. Широк также спектр российских и международных научно-практических мероприятий, где выявляются противоречия, определяются тенденции и перспективы развития данного направления (влияние новых государственных инициатив и программ на развитие ИТ образования в краткосрочной и долгосрочной перспективе; потенциал российских университетов в области ИТ в современных условиях; условия формирования профессионально важных качеств бакалавров в учебном

процессе вуза; развитие профессиональных компетенций магистров по направлению подготовки «Прикладная информатика»; сущность и направления реализации индивидуальной образовательной траектории; модели и алгоритмы адаптации субъектов профессиональной деятельности к условиям производственной среды; модели непрерывного профессионального образования на основе компетентностного подхода и др.).

В последнее десятилетие в научной литературе активно разрабатывается понятие «индивидуальная траектория». Анализ психологической и педагогической литературы показал, что разные авторы определяют его по-разному.

А.В. Хуторской рассматривает индивидуальную образовательную траекторию как персональный путь реализации личностного потенциала каждого ученика в образовании через осуществление соответствующих видов деятельности. Г.М. Кулешова, выявляет элементы образовательной программы, обеспечивающие реализацию индивидуальной образовательной траектории учащихся. Т.А. Собина выделяет структурные компоненты индивидуальной образовательной программы. Е.А. Александрова распространяет понятие «индивидуальная образовательная траектория» не только на сферу обучения, но и воспитания.

Концепция, разработанная И.Ф. Бережной, определяет закономерности и принципы педагогического проектирования индивидуальной траектории профессионального развития будущего специалиста, раскрывает суть такой категории, как «индивидуальная траектория профессионального развития», устанавливает внутренние и внешние факторы, оказывающие существенное влияние на рассматриваемый процесс, раскрывает суть и содержание технологии педагогического проектирования индивидуальной траектории профессионального развития будущего специалиста, предполагает осуществление всех обозначенных процессов согласно определенным условиям (организационно-педагогическим, психолого-педагогическим).

Данные концептуальные положения позволяют выстроить новую модель индивидуальной траектории профессионального развития личности обучаемого с учетом современной структуры системы образования, региональных особенностей, уровня развития ИТ-индустрии, а также требований ИТ-стандартов и работодателей.

Принципиальное значение для нашего исследования имеет понимание «индивидуальной траектории профессионального развития» как персональной стратегии профессионального роста студента, выстраиваемой на основе осознания и субъективации профессиональных целей, ценностей, норм, признания уникальности личности и создания условий для реализации ее потенциала. Кроме того, существенна выявленная инвариантная составляющая индивидуальной траектории профессионального развития, ориентированная на модель специалиста,

включающую профессиональные компетенции и позволяющую учесть при ее реализации уровень развития ИТ-индустрии региона, а также требования профессиональных ИТ-стандартов. В вариативной же составляющей можно отразить личность будущих и состоявшихся бакалавров и магистров, их социально-психологические особенности, потребности, мотивы, интересы и способности.

В этой связи особенно актуально использование зарекомендовавших себя научных подходов и принципов, таких как личностно-ориентированное образование и самообразование. С точки зрения М.А. Акоповой, личностно-ориентированное образование предполагает такую организацию взаимодействия субъектов образовательного процесса, когда создаются максимально возможные условия для развития у участников этого процесса способности к самообразованию, самоопределению, самостоятельности и самореализации себя в различных сферах деятельности, в том числе профессиональной.

Сложность внедрения личностно-ориентированного обучения в высших учебных заведениях, трудности выстраивания индивидуальных образовательных траекторий студентов в современных условиях обуславливаются разными причинами: консервативностью вузов по отношению к образовательным инновациям, приспособленностью под поточно-групповой учебный процесс, ориентацией на массовые потребности и ценностные установки, решением комплексных коллективных учебных задач и др. Кроме того, в теории и практике педагогики раскрыты вопросы самообразования, самовоспитания личности и автодидактики (А.Я. Айзенберг, Р.С. Гирифьянов, А.К. Громцева, С.А. Днепров, С.Б. Елканов, В.С. Ильин, С.В. Паршина, Л.И. Рувинский, Г.Н. Сериков и др.); аспекты проблем учения и самостоятельной работы обучаемых (Б.П. Есипов, С.Е. Матушкин, Г.И. Некипелова, П.И. Пидкасистый, Н.А. Половникова, А.В. Усова, Т.И. Шамова и др.).

Процесс моделирования профессионального саморазвития всегда осуществляется в условиях конкретной социальной среды. Совокупность условий, в свою очередь, обозначается ситуацией выбора, которая подразумевает все компоненты, факторы и особенности объективного и субъективного плана, в которых осуществляется профессиональное саморазвитие личности. Под объективной стороной понимается независимая от личности совокупность социальных условий, в которых осуществляется саморазвитие, под субъективной – формирование модели, адекватно отражающей особенности ситуации профессионального саморазвития (С.А. Румянцев, А.В. Миронова).

Обобщая различные позиции исследователей относительно профессионального саморазвития, можно утверждать, что это процесс внутреннего инвариантного изменения профессионально значимых характеристик личности на основе самоопределения его жизненных и профессионально-деятельностных перспектив и целенаправленных

способов их достижения. Таким образом, самоуправление, саморегулирование выступают основным механизмом профессионального саморазвития субъекта будущей или реальной профессиональной деятельности.

Разработка проблемы педагогического проектирования обогатилась в последние десятилетия большим числом исследований и практических рекомендаций, в которых определены содержание, принципы, формы и методы осуществления этой деятельности, а также освещены проблемы подготовки педагогов и студентов к её реализации в практике вузов (А.Н. Алексеев, В.С. Безрукова, Е.С. Заир-Бек, Г.Л. Ильин, Е.А. Крюкова, В.П. Маркина, В.М. Монахов, Н.А. Норенкова, В.В. Сериков, В.И. Слободчиков, Н.Л. Худякова, Н. О. Яковлева и др.).

Осуществление разработки и экспериментальной проверки педагогических моделей, отражающих современные тенденции развития системы образования, целесообразно на базе принципа преемственности, в основе которого лежат закономерности о всеобщей связи и непрерывном развитии личности. Преемственность есть основное исходное положение, выполняющее роль требования к организации образовательного процесса, характерными признаками которого являются: во-первых, поступательность и согласованность содержания, форм и методов дидактического процесса на отдельном образовательном этапе; во-вторых, поступательность и согласованность обучения на различных этапах образовательного процесса, что позволяет сохранить достигнутый уровень обученности личности как результат предыдущего этапа и обеспечить возможность его развития. Методологические основы выделения признаков категории преемственности разрабатывались в трудах Э.А. Баллера, Г.Н. Исаенко, А.В. Тимофеевой и др. Понятие преемственности в обучении рассматривали Б.Г. Ананьев, А.В. Батаршев, Ш.И. Ганелин, М.Е. Дуранов и др.

Информационные технологии (ИТ) с каждым годом оказывают все большее влияние как на экономику, так и на повседневную жизнь людей. Этапы качественного развития большинства отраслей (энергетики, медицины, образования, торговли, финансового сектора, страхования и др.) и государственного управления, в том числе в военной сфере, связаны с внедрением ИТ.

Согласно данным, представленным в Стратегии развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2025 года (Стратегия), мировой опыт показывает, что конкурентоспособность национальной экономики в целом связана с развитием ИТ. По данным Всемирного экономического форума, индекс конкурентоспособности экономики государств имеет высокий уровень корреляции с индексом развития в странах информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Отрасль информационных технологий является одной из наиболее

динамично развивающихся отраслей как в мире, так и в России. Объем мирового рынка информационных технологий оценивается в 1,7 трлн. долларов в США. По прогнозам, до 2016 года рынок продолжит расти в среднем не менее чем на 5 процентов в год. Средний темп роста российского рынка за последние 10 лет превосходит среднемировой. При этом российская отрасль ИТ в ближайшие 5-7 лет имеет потенциал значительно более быстрого роста - на 10 процентов и более в год.

Первоочередными задачами по развитию отрасли ИТ России согласно Стратегии являются: развитие человеческого капитала, в том числе за счет развития профильного образования и популяризации профессий отрасли; развитие в России исследований в сфере ИТ и смежных областях.

Поскольку компании отрасли ИТ, сталкиваясь с дефицитом кадров, заинтересованы в высоком уровне подготовки специалистов в данной области, они должны быть системными участниками этого процесса. По данным некоммерческого партнерства «Руссофт» в 2012 году менее 10 процентов российских компаний оценили работу системы образования хорошо, остальные или неудовлетворены ее работой, или имеют к ней серьезные замечания. Более половины принятых на работу выпускников российских образовательных организаций высшего образования приходится доучивать на рабочем месте для того, чтобы выработать у них необходимые для профессии навыки. Большинство крупных компаний отрасли ИТ проводят обучение специалистов своими силами, инвестируя средства в подготовку персонала.

По прогнозам аналитиков отрасли, до 2018 года система образования должна подготовить не менее 350 тыс. специалистов в области ИТ, из них не менее 125 тыс. специалистов – в рамках обучения на бюджетных местах в образовательных организациях высшего образования.

В связи с этим, основные направления реализации Стратегии в развитии кадрового потенциала и образования отрасли ИТ станут следующими: активное использование в том числе государственно-частного партнерства при решении задачи обеспечения отрасли кадрами; актуализация образовательных программ бакалавров и магистров ведущих российских университетов согласно требованиям новых профессиональных и образовательных стандартов; обеспечение своевременной подготовки высококвалифицированных кадров в областях, необходимых для проведения исследований и разработок по приоритетным направлениям развития отрасли. Принципиальными для обоснования состоятельности научной проблемы и практической значимости проекта являются тезисы Стратегии о том, что: разработчикам необходимо обладать навыками и возможностями для постоянного совершенствования своих знаний в области современных технологий и методов разработки, непрерывного самообучения; значительно возрастет востребованность специалистов по внедрению решений, основанных на информационных технологиях, на производстве и в бизнесе в целом, а также по поддержке таких решений.

Одним из основных направлений работы государства по развитию образования в области ИТ станет: расширение введения в образовательных организациях высшего образования практики для студентов в компаниях отрасли и стимулирование таких компаний к открытию кафедр в образовательных организациях высшего образования, а также открытие в региональных профессиональных образовательных организациях дополнительных общеобразовательных программ подготовки по специальностям базового уровня.

В России развитие отрасли географически неравномерно, что коррелируется с развитием и других высокотехнологичных отраслей экономики.

Показатели Уральского Федерального округа в целом и Челябинской области в частности в этом аспекте находятся на недостаточно высоком уровне.

В.В. Путин: "Исторически Урал для России - это, безусловно, локомотив индустриально-промышленного развития. И сегодня роль этого региона для экономики всей страны продолжает оставаться крайне значимой. Сложившийся производственный потенциал округа настолько богат, что он обязан быть одним из самых бурно развивающихся регионов России".

Академическая наука представлена в Уральском федеральном округе институтами и подразделениями Уральского отделения Российской академии наук (40 научно-исследовательских институтов и 30 структурных подразделений). В них работает более 3 тыс. научных работников. Научной деятельностью руководят 29 академиков, 56 членов-корреспондентов Российской академии наук, более 600 докторов и 1700 кандидатов наук.

Важнейшими научно-инновационными центрами региона являются ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» (г. Екатеринбург), Национальный исследовательский университет Южно-Уральский государственный университет в г.Челябинске.

Инновационный вариант развития ИКТ Урала предусматривает ускоренное развитие сектора за счет реализации конкурентных преимуществ уральской экономики в традиционных секторах, развития новых наукоемких секторов и экономики знаний. Объем рынка ИТ к 2020 году возрастет по сравнению с 2009 годом в 5 - 6 раз. Ожидаются более высокие темпы изменения структуры в сторону сокращения доли аппаратных средств при одновременном увеличении доли рынка программных средств и предоставления услуг. Для решения проблемы кадрового голода во всех регионах Урала планируются меры по увеличению количества выпускаемых из вузов специалистов по компьютерной технике и программированию.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики социально-экономические показатели 2013 года по УФО прослеживаются

положительная динамика числа организаций, использующих ИТ в своей деятельности. Процент организаций, использующих специальные программные средства в 2012 году от общего числа исследованных предприятий составил 88,4% (для УФО) и 84,6% (для Челябинской области). В основном программные продукты находят применения для осуществления финансовых расчетов в электронном виде (64,8%). Недостаточно высокий процент предприятий, которые используют программные решения для предоставления доступа к базам данных через глобальные информационные сети, включая Интернет (32,3%); для управления автоматизированным производством или отдельными техническими средствами и технологическими процессами (их применяют порядка 20% организаций), для проектирования (13,8%), CRM, ERP, SCM – системы (11,2%).

Показательным в этом отношении являются и распределение затрат на ИТ в 2012 году. Ключевые затраты порядка 20% от общих затрат на ИТ в УФО составили расходы на приобретение вычислительной техники, на оплату услуг сторонних организаций и специалистов по ИКТ (кроме услуг связи и обучения) – 24%, когда как на обучение сотрудников, связанное развитием и использованием ИТ предприятия тратят порядка 0,6%.

Современный рынок программных решений, которые могут использовать предприятия различной сферы деятельности для автоматизации своих бизнес-процессов, достаточно широк. Разнообразен рынок и типовых решений. Определению места и роли ИТ в деятельности предприятий посвящены многие российские и зарубежные исследования (Т. Pisello, С. Cornwell, В. Trehan, Р. Strassmann).

При том продолжаются дискуссии о целесообразности и эффективности внедрения и последующего сопровождения информационных систем, что связано с постоянно углубляющимися противоречиями между современными требованиями к управлению и принятию решений, с одной стороны, и стоимостью и неопределенностью эффектов от внедрения программных комплексов управления – с другой.

Положительной тенденцией в этом вопросе можно считать сформированную нормативную базу, включающую группы международных и национальных стандартов, методологий внедрения, направленных на обеспечение данных процессов (ИСО МЭК 12207 Процессы жизненного цикла программных средств, Стандарты категории ГОСТ 34 «Информационная технология» (ГОСТ 34.601 -90 ИТ. Комплекс стандартов на АС. АС. Стадии создания, ГОСТ 34.603-92 ИТ. Комплекс стандартов на АС. АС. Виды испытаний АС), ГОСТ ИСО МЭК 14764 Сопровождение программных средств, IEEE 1219-1998 Стандарт IEEE на сопровождение программного обеспечения, методологии внедрения MSF (Microsoft Soluutin Framework), OM (Oracle Method), Citrix MetaFrame (Citrix Systems) и др.). Методологии моделирования бизнес-процессов предприятий раскрываются в работах А. Шеера, Г. Н. Калянова, Е. И. Всяких,

В.И. Грекула и других. В них приводятся стандарты и методологии моделирования с описаниями их принципов, достоинств и недостатков, что позволяет осуществлять выбор в зависимости от предметной области и характеристик объектов моделирования. Стоит отметить, что согласно ГОСТ 34.601-90 - ИТ. Комплекс стандартов на АС. АС. Стадии создания работы по внедрению, сопровождению и обучению персонала работе с новой системой образуют слепопроектную стадию создания АС.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что КИС, включающие модули управления различными звеньями цепочки жизненного цикла продукта, по-прежнему являются одним из стратегических инструментов повышения эффективности. Несмотря на снижение ИТ-бюджетов в период кризиса и связанные с этим неудачные или не полные внедрения корпоративных систем управления, предприятия по-прежнему будут развивать это направление и внедрять информационные системы.

В целом, обзор отечественных и зарубежных источников по теме исследования позволяет сделать выводы о том, что, несмотря на проводимые исследования в данной области, проблемы разработки модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации слепопроектной стадии создания АС до конца не проработаны. Разрозненными остаются представления ученых об индивидуальной траектории как фактора профессионального развития. Кроме того, не имеют достаточного обоснования социально-экономические и психолого-педагогические условия существования и успешного функционирования такой траектории в системе профессионального образования. Таким образом, опираясь на обзор научной литературы, анализ социально-экономической ситуации, образовательной практики и существующих тенденций ее развития, мы можем говорить о наличии объективного противоречия между растущей потребностью в опережающей направленности подготовки бакалавров и магистров, готовых к решению профессиональных задач в условиях информатизации всех сфер общества, и недостаточной готовностью основной части вузов к практической реализации данной функции.

Литература

1. Назарова, О.Б., Андрианова, А.Е. Реализация процессов проекта жизненного цикла системы в соответствии со стандартами ISO/IEC 15288:2008 и ISO/IEC 12207:2008 [Текст] / О.Б. Назарова, А.Е. Андрианова // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте: Сб. науч. тр. по материалам Международ. науч.-практ. конф. Том 3. Технические науки. – Одесса: Черноморье, 2010. – С. 62-67. – Библиогр. с. 67.
2. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е. Методика формирования компетенций ИТ-специалиста в области информационных систем по образовательной программе «Прикладная информатика» // Гуманитарные научные исследования [Электронный ресурс]/О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова. – Декабрь 2013. – № 12. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2013/12/5375> (дата обращения: 25.12.2013).
3. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е. Методика формирования компетенций ИТ-специалиста в области информационных систем по образовательной программе «Прикладная информатика» [Электронный ресурс] / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова // Гуманитарные

- научные исследования. – Декабрь 2013. – № 12. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2013/12/5375> (дата обращения: 25.12.2013).
4. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е. Разработка реляционных баз данных с использованием CASE-средства ALL Fusion Data Modeler [Текст]: учеб. пособие /О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова. – Москва: Изд-во «ФЛИНТА», 2013. – 74 с.. – Библиогр.: с. 52. – 500 экз.. – ISBN 978-5-9765-1601-4.
 5. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е., Давлеткиреева, Л.З. Формирование компетенций специалиста в области информационных систем с привлечением вендоров [Текст] /О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, Л.З. Давлеткиреева // Прикладная информатика. – 2013. – № 2(44). – С. 49-56. – Библиогр.: с.56, ISSN 1993-8314.
 6. Овчинникова, И.Г., Курзаева, Л.В., Давлеткиреева, Л.З. Адаптивное управление качеством профессионального образования в сфере информационных технологий на основе компетентностного подхода [Электронный ресурс] / И.Г. Овчинникова, Л.В. Курзаева, Л.З. Давлеткиреева // Спрос и предложение на рынке труда и рынке образовательных услуг в регионах России: сб. тр. девятой всеросс. науч.-практ. конф. – Кн. I. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – Режим доступа: <http://labourmarket.ru/conf9/viewtopic.php?f=6&t=57>
 7. Петеляк В.Е. Формирование криптографической компетенции ИТ-специалиста [Текст] /В.Е. Петеляк // Применение новых технологий в образовании: материалы XXV Международной конф. /под ред. М.Ю.Алексеева, О.С. Алексеевой, С.И.Золотовой, Е.И.Киревниной, Т.П.Кузькиной, Е.М. Шумковой. – Москва-Троицк, 2014. – С. 465-467.
 8. Пролозова, Н.О., Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З. Анализ стандартов в области сопровождения автоматизированных информационных систем [Электронный ресурс] / Н.О. Пролозова, О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации, 2012. – № 11 (19) . – С. 7. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18571>
 9. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З., Масленникова, О.Е. Подготовка будущих ИТ-специалистов в области обеспечения интероперабельности электронной науки и образования [Текст] / Г.Н. Чусавитина, Л.З. Давлеткиреева, О.Е. Масленникова // Разработка инновационных механизмов повышения конкурентоспособности выпускников ИТ-специальностей вуза в условиях монопромышленного города: Сб. статей / под ред. Г.Н.Чусавитиной, Л.З. Давлеткиреевой. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2012. – С. 132-140. – Библиограф. с. 140. – 200 экз. – ISBN 978-5-86781-982-8.

Назарова О.Б.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», onazarova_21@mail.ru

Разработка региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем как научная проблема

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Индивидуальная траектория, профессиональное развитие бакалавров и магистров, автоматизированные системы, стадии создания.

АННОТАЦИЯ

Раскрываются актуальность, научная значимость и суть научной проблемы разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем, определяются задачи и предполагаемые результаты работы над решением поставленной проблемы.

Реформирование системы высшего профессионального образования происходит на фоне глобального экономического кризиса, тяжелой демографической ситуации и постоянных изменений на рынке труда через интеграцию и реорганизацию вузов; введения новых образовательных стандартов и подушевого финансирования. Современные социально-экономические условия, в которых приходится работать вузам, приводят к необходимости поиска новых способов и инструментов повышения эффективности работы образовательной организации. В этом ключе актуальность профессионального развития бакалавров и магистров исходит из того, что повышение качества образования вообще и конкурентоспособности выпускников российских образовательных организаций (ОО) в условиях новой «экономики знаний», в частности, становятся приоритетными направлениями государственной политики образования.

Это подтверждается рядом положений вновь принятых стратегий, концепций, законов и государственных программ развития различных сфер жизнедеятельности страны. Так в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года стратегической целью в области образования

является решение нескольких приоритетных задач, а именно: модернизация институтов системы образования как инструментов социального развития, создание современной системы непрерывного образования, подготовки и переподготовки профессиональных кадров; формирование механизмов оценки качества и востребованности образовательных услуг с участием потребителей, участие в международных сопоставительных исследованиях. Кроме того, в Основных направлениях деятельности Правительства РФ на период до 2018 года в качестве основного в сфере образования определено приведение содержания и структуры профессиональной подготовки кадров в соответствие с современными потребностями рынка труда и повышение доступности качественных образовательных услуг. В законе об образовании РФ (от 29 декабря 2012 г. N 273-ФЗ) устанавливаются уровни профессионального образования, включающие бакалавриат и магистратуру. При этом реализация этих решений еще находится на стадии становления.

Двухуровневая система высшего профессионального образования (бакалавриат и магистратура), введенная в Российской Федерации с 2011 года, способствует гармонизации российской и европейской образовательных систем, содействует развитию экспорта российских образовательных услуг, позволяет на каждом уровне задавать свои требования к качеству образования, предоставляя относительно широкую подготовку при обучении по направлениям бакалавриата и более узкую и глубокую специализацию, ориентированную на научно-исследовательскую или преподавательскую работу, при обучении в магистратуре.

Направленность системы высшего образования на перспективу профессиональной востребованности будущего специалиста в течение всей жизни становится возможной только тогда, когда уже в вузе закладываются основы его непрерывного профессионального развития. Бесперспективность ориентации на узкопрофессиональную подготовку очевидна, поскольку мир стремительно меняется, и сложно предвидеть, какова будет профессиональная структура общества в ближайшие двадцать-тридцать лет. Именно поэтому подготовка по широкой бакалаврской программе с последующей специализацией в магистратуре или на производстве соответствует требованиям быстро меняющегося рынка труда и потребностям общества. Уровневое высшее профессиональное образование позволяет корректировать траекторию образования после окончания бакалавриата при продолжении образования в магистратуре, учитывая, что абитуриент при поступлении в вуз, далеко не всегда осознанно выбирает направление подготовки и тем более профиль. Закончив бакалавриат, выпускник получает общую фундаментальную и профильную практическую подготовку, достаточную для выполнения профессиональных задач и позволяющую принять взвешенное решение: начинать трудовую деятельности или продолжать обучение и получать академическую степень – магистр.

В соответствии с принципом ориентации на потребителя (ГОСТ Р ИСО 9000:2001) важным и необходимым элементом в управлении качеством образования являются требования всех заинтересованных сторон, в том числе работодателей, к уровню подготовки специалистов в вузе. Эти требования, прежде всего, представляют собой набор профессиональных характеристик, которыми должен обладать выпускник вуза, чтобы наиболее полно соответствовать выбранному направлению подготовки и успешно выполнять свои профессиональные обязанности. В этом отношении Федеральные Государственные Образовательные Стандарты третьего поколения (ФГОС 3-го поколения), в разработке которых принимали непосредственное участие и представители работодателей, дают широкие возможности и сокращают разрыв между теорией и практикой.

В современном мире информационный сектор экономики растёт и развивается значительно быстрее других отраслей. Следует отметить, что проблема востребованности ИТ-выпускников усугубляется тем, что если для большинства направлений подготовки период «полураспада» знаний составляет два-три года, то для ИТ-индустрии – всего несколько месяцев. Поэтому среди критериев, определяющих конкурентные преимущества ИТ-выпускника вуза, на первом месте находятся профессиональные ИТ-компетенции (ИТК). Как показывает практика, требования информационного общества к профессиональным и иным видам ИТК молодых специалистов значительно выше, чем та компетентность, которая формируется у них в ходе обучения в вузе. Работодатели отмечают, что традиционное ИТ-образование по-прежнему отстает от реальных потребностей науки и производства, наблюдается несоответствие содержания образования и образовательных технологий современным требованиям и задачам. Сделать образовательный процесс своевременным и отвечающим постоянно меняющимся потребностям – одна из основных проблем, стоящих перед высшим образованием в сфере ИТ. Причем подготовка компетентных бакалавров и магистров возможна только при самом активном взаимодействии высшей школы и индустрии, государственных и частных структур.

Стремительное развитие информационных технологий в направлении совершенствования процессов разработки, внедрения и сопровождения информационных систем (ИС) всё больше определяет, с одной стороны, успешность функционирования любого предприятия в целом, с другой стороны, повышает значимость формирования требуемых компетенций выпускника по образовательным программам 230700.62 «Прикладная информатика» как ИТ-специалиста в области автоматизированных систем (АС). Стандарты категории ГОСТ 34 «Информационная технология» играют важнейшую роль в процессе разработки и эксплуатации автоматизированных систем (АС). Одним из основных стандартов этой категории является ГОСТ 34.601-90 - ИТ.

Комплекс стандартов на АС. АС. Стадии создания. Данный стандарт предлагает восемь стадий создания АС: формирование требований к автоматизированной системе; разработка концепции автоматизированной системы; техническое задание; эскизный проект; технический проект; рабочая документация; ввод в действие; сопровождение автоматизированной системы. Стадии создания объединяются в три укрупненные: предпроектная стадия; стадия проектирования и послепроектная стадия (внедрение и сопровождение АС). Следует отметить усиление роли послепроектной стадии жизненного цикла (ЖЦ) АС. Это объясняется современными тенденциями развития рынка ИТ, когда всё чаще руководители предприятий принимают управленческое решение по приобретению готового проектного решения (АС), а не идут по пути разработки собственной системы.

Долговременное функционирование новой системы предполагает её качественное внедрение, постоянную адаптацию к изменяющимся бизнес-процессам организации, а также быстрое реагирование специалиста на возможные сбои в процессе сопровождения. Сделать процесс устранения неполадок оперативным – проблема, стоящая перед службой ИТ очень остро. В связи с этим руководство заинтересовано в высококвалифицированных специалистах, обладающих профессиональной компетентностью, способных на деятельное и творческое освоение нового в профессиональной сфере, на отказ от стереотипов, а также готовность и способность к социальной адаптации.

Предметом данного исследования является не только процесс подготовки бакалавров и магистров в соответствии с учебными планами, а рассмотрение их профессионального развития, т.е. процесс становления высококлассного ИТ-специалиста по своей индивидуальной траектории в соответствии с требованиями ИТ-индустрии региона.

В последнее десятилетие в научной литературе активно разрабатывается понятие «индивидуальная траектория». В контексте нашего исследования важны теоретико-методологические разработки основ организации образовательного процесса в вузе, направленного на профессиональное развитие будущего специалиста с учетом его индивидуальной траектории, т.е. персональной стратегии профессионального роста студента, совершенствования его личностных качеств, формирования профессиональных компетенций, а также признания уникальности личности и создания условий для реализации ее потенциала.

Профессиональное развитие бакалавров и магистров во многом определяется региональными особенностями той территории, на которой они проживают. В то же время, проблемы региональной обусловленности уровня и особенностей профессионального развития ИТ-специалистов, к сожалению, почти не нашли отражения в современной научной литературе по проблемам высшей профессиональной школы.

Необходимость исследования проблемы моделирования индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС связана также с изучением конкретных социально-экономических и социально-культурных условий определенного региона, в частности, особенностей Юга Уральского Федерального Округа (УФО) в целом и Челябинской области в частности, который является «локомотивом индустриально-промышленного развития» всей страны, имеющий высокий инновационно-производственный потенциал, для реализации которого требуются в большом количестве высококвалифицированные кадры разного уровня профессионального образования. Несмотря на данные социально-экономических исследований уровня развития региона и его ИТ-индустрии на 2013 год (Федеральная служба государственной статистики, Развитие ИТ в разрезе федеральных округов и отраслей» (АП КИТ)), доказывающие в целом средний уровень показателей развития, благоприятный инновационный и инвестиционный климат Южного Урала, остаются нерешенными проблемы моногородов, неэффективности региональной системы образования, ведущие к несбалансированности рынка труда, неудовлетворенности работодателей уровнем квалификации выпускников вузов.

Однако, несмотря на столь очевидную актуальность проблемы профессионального развития бакалавров и магистров вообще и для реализации стадий создания автоматизированных систем, в частности, мы все-таки не можем говорить о существовании единого подхода к ее решению. В проанализированных нами работах освещаются лишь отдельные аспекты регулирования процессов профессионального развития бакалавров и магистров, и в полной мере проблема еще не нашла своего решения. В логике вышеизложенного становится очевидной необходимость: концептуального обоснования региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС на основе принципов полипарадигмальности и преемственности, обладающую функционально-динамическим характером, структурно отражающую процесс самообразования и личностного роста ИТ-специалиста как профессионала; разработки технологии ее использования в образовательном процессе вуза при определенных социально-экономических и психолого-педагогических условиях.

В научно-теоретическом плане актуальность проблемы определяется необходимостью разрешения противоречий между: потребностью общества в опережающей направленности подготовки бакалавров и магистров, готовых к решению профессиональных задач в условиях информатизации всех сфер общества, и недостаточной готовностью основной части вузов к практической реализации данной функции; традиционным характером образования и необходимостью обеспечения

индивидуальной траектории непрерывного профессионального развития бакалавров и магистров; современным социально-экономическим заказом на подготовку ИТ-специалистов, обладающих высокой профессиональной компетентностью в области информационных систем, и недостаточным уровнем направленного формирования их готовности к реализации стадий создания АС

На основании вышесказанного, мы сформулировали проблему научно-исследовательского проекта: незрелость системы профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС в условиях полипарадигмальности научно-образовательного пространства в соответствии со сбалансированными потребностями личности и ИТ-индустрии региона.

Новизна и оригинальность предлагаемой постановки проблемы и методологии её исследования могут быть раскрыты следующим образом:

- в основе методологии исследования положены принципы полипарадигмальности и преемственности, позволяющие, с одной стороны, преподавателям осуществлять педагогическую деятельность на основе органичного сочетания методологических подходов и достижений педагогической науки, а с другой - представляющие собой фундаментальное требование к деятельности преподавателя и обучаемого, в основе которого лежат объективные законы непрерывного развития личности бакалавров и магистров в единстве с новизной всех компонентов их профессионального развития;

- содержательное раскрытие сути категорий «профессиональное развитие бакалавров и магистров», «индивидуальная траектория профессионального развития бакалавров и магистров» позволяет научно обосновать инвариантную и вариативную их составляющие, определить субъекты процесса разработки моделей такой траектории;

- проектирование и апробация функционально-динамической модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров в вопросах реализации послепроектной стадии создания АС с учетом региональных особенностей на основе преимуществ социального партнерства и координации профессиональной подготовки студентов с инновационной образовательной средой и экономического развития округа (Челябинской области, Федерального Уральского округа). Модель в своей структуре и содержании отражает двойственность заявленной проблемы отслеживания уровня профессионального роста как будущих, так и состоявшихся бакалавров, и магистров. Компоненты данной модели (цель, задачи, принципы, подходы, содержание, педагогические условия) составляют систему, работающую на принципах компетентностного, личностно-ориентированного подходов и ключевых положений самообразования;

- обоснование технологий разработки и последующей реализации модели индивидуальной траектории профессионального развития

бакалавров и магистров в вопросах послепроектной стадии создания АС, которые основываются на принципах педагогического проектирования и принципе преемственности и выполняются поэтапно;

- определение социально-экономических и психолого-педагогических условий, раскрывающих механизмы эффективного моделирования и использования индивидуальных траекторий профессионального развития бакалавров и магистров в вопросах реализации послепроектной стадии создания АС на любом из этапов их профессионального становления в соответствии с современными требованиями ИТ-подразделений, вендоров и работодателей.

Конкретная задача проекта в рамках решения проблемы состоит в следующем: концептуально обосновать на основе принципов полипарадигмальности и преемственности и экспериментально проверить региональную модель индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС, обладающую функционально-динамическим характером, структурно отражающую процесс самообразования и личностного роста ИТ-специалиста как профессионала, внедряемую в образовательную практику согласно этапам специально разработанной технологии, учитывая при этом выявленные социально-экономические, психолого-педагогические условия и современные требования ИТ-подразделений, вендоров и работодателей.

В ходе реализации проекта предполагается использование следующих методологических принципов на различных уровнях работы над проектом.

На теоретическом уровне. Принцип полипарадигмальности (в целях интегрирования нескольких подходов, выступающих методологической основой исследования: системного, личностно-ориентированного, компетентностного, структурного, технологического, процессного, модульного).

Принципы системного подхода. Такие как: цели, двойственности, целостности, сложности, множественности и историзма (поскольку, согласно системному подходу, изменение объекта в процессе педагогического проектирования должно осуществляться с учетом его основных системных характеристик, не нарушая внутреннего единства, целостности и структурных связей и требует полномасштабного исследования проектируемого объекта как педагогического феномена).

На этом же уровне работы над проектом будут применены следующие методы:

- изучение документов, беседа, обобщение, изучение передового опыта, анализ философской, педагогической и психологической литературы (необходимы для формирования нормативно-правовой базы проводимого исследования, являются необходимыми методами получения первичной информации на ранних стадиях педагогического исследования, оценить мастерство и новаторство при изучении передового опыта,

способствуют сбору необходимой и достаточной информации для анализа состояния практики, выявления узких мест и конфликтов, элементов нового в деятельности педагогов, эффективности и доступности рекомендаций науки, определению внутренних закономерностей достижения успеха в образовательном процессе);

- системный анализ (представляет собой совокупность научных приемов решения задачи на основе системного подхода, принципы которого выступают методологическими основаниями исследования; выступает ключевым методом в рамках исследовательского проекта для построения системы профессионального развития в заявленном контексте);

- структурно-функциональный (используется как метод системного исследования социальных явлений и процессов, которым и является исследуемый процесс профессионального развития бакалавров и магистров; при этом сам метод базируется на структурном расчленении социальной целостности, каждому элементу которой придается определенное функциональное назначение);

- синтез (основополагающий метод любого исследования, направленный на установление связи и сведение в единое целое отдельных элементов, полученных в процессе анализа; в нашем случае, позволяет приходиться к выводу, сложному обобщению современных педагогических явлений и систем – непрерывного профессионального развития, разработки индивидуальной траектории и др. – продвижению от тезиса через антитезис к синтезу закономерностей, принципов их функционирования, теоретических моделей, объединяющих структурные и содержательные их элементы);

- моделирование (является одним из важнейших путей познания существенных характеристик исследуемого объекта, используется для изучения сложных явлений, процессов действительности, тесно взаимосвязан с экспериментом; позволит, в нашем случае, решить эвристическую задачу – определить закономерности, принципы, средства, условия профессионального развития бакалавров и магистров в рамках индивидуальных траекторий; «вычислительную» задачу – построить модель такой траектории с учетом региональных особенностей и выявленных законов существования данных явлений; экспериментальную задачу – эмпирически проверить эффективность созданного объекта для педагогической действительности образовательного процесса); систематизация экспериментальных данных (находит применение на начальных этапах проведения педагогического эксперимента для подтверждения рабочей гипотезы, а также на последующих этапах с целью приведения полученных результатов в систему);

- прогнозирование (используется с целью выявления перспектив и тенденций развития научной проблемы исследования); индукция (метод,

позволяющий изучить понятие, явление путем расширения его содержания; с использованием этого метода уточняется содержание ключевых терминов понятийного аппарата исследования);

- классификация (используется нами как средство установления связей между ключевыми понятиями исследования, фиксации закономерных связи между классами объектов с целью определения места объекта в системе, которое указывает на его свойства; базирующаяся на научных основах заявленных подходах и принципах, не только представит собой в развёрнутом виде картину состояния педагогической науки (достижений в ИТ-образовании), но и позволит сделать обоснованные прогнозы относительно неизвестных ещё фактов или закономерностей).

На моделирующем уровне работы над проектом. Принцип преемственности (как определяющий закономерности о всеобщей связи и непрерывном развитии личности, характерными признаками которого являются: 1) поступательность и согласованность содержания, форм и методов дидактического процесса на отдельном образовательном этапе; 2) поступательность и согласованность обучения на различных этапах учебного процесса, что позволяет сохранить достигнутый уровень обученности личности как результат предыдущего этапа и обеспечить возможность его развития).

Принципы субъектности, осознанной перспективы, гибкости и динамичности, ориентированности на будущую профессиональную деятельность и духовно-нравственные ценности, креативности, партнерства и взаимопомощи как принципы педагогического проектирования индивидуальной траектории профессионального развития, взятые с учетом современных тенденций в заданной области.

Методы, применяемые для реализации обозначенных принципов будут следующие:

- обсервационные методы (наблюдение как наиболее доступный и распространенный метод изучения педагогической практики позволит в рамках исследования не только провести целенаправленный и планомерный сбор информации об объекте исследования в его естественном функционировании, но и сделать определенные предположения относительно его дальнейшего функционирования в изменённых педагогических условиях; метод экспертных оценок позволит провести анализ сложных педагогических процессов, явлений, ситуаций, характеризующихся в основном качественными, неформализуемыми признаками, позволит подключить специалистов в предметной области исследования непосредственно к процессу разработки и проверки ключевых теоретических и прикладных позиций с целью подготовки и выбора рациональных решений; в нашем случае, таковыми экспертами выступают представители работодателей, вендоров, профессорско-преподавательского состава кафедры и института);

- анкетирование и интервьюирование (методы массового сбора

материала с помощью специально разработанных материалов – опросников, анкет; позволяют получить информацию о типичности тех или иных явлений, процессов, в изучаемой области; анкетирование (письменный опрос), интервьюирование (устный опрос) будут применяться как для сбора данных об осведомленности студентов, преподавателей, работодателей и вендоров о существующих проблемах в предметной области исследования, а также для определения экспериментальных и контрольных групп);

- методы структурного анализа и моделирования (модель потоков данных позволит определить информационную составляющую как процесса разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития, так и последующего процесса ее применения в реальных педагогических условиях; функциональная модель позволит установить структурно-иерархические связи между процессами, составляющие суть профессионального развития в целом и при соблюдении региональных и прочих допущений, в частности, модель потоков работ позволит увидеть событийную сторону изучаемых явлений и процессов);

- методы процессного подхода (модель целей системы необходима для того, чтобы проследить цели и задачи существующей и разрабатываемой системы профессионального развития бакалавров и магистров; модель причинно-следственных связей (CauseandEffectDiagram) позволит определить противоречия сложившейся системы профессионального развития бакалавров и магистров в целом и на уровне региона и его ИТ-индустрии, в частности, а также установить уровень ее зрелости; модель событийно-управляемого процесса (extendedEvent-drivenProcessChain) позволит проследить логику разработки модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров, а также ее последующего применения; организационная модель (OrganizationChartDiagram) необходима для выявления участвующих в изучаемом процессе субъектов и связей между ними);

- технологической стандартизации и управления качеством (позволят проверить созданные модели на соответствие современным стандартам, перепроектировать по необходимости, определить качество реализованного согласно моделям образовательного процесса);

- инструменты моделирования – Case-средства (ErwinProcessModeler; MS Visio) – современные автоматизированные средства проектирования, позволяющие создать наглядные модели предметной области исследования, но и обеспечить последующее их перепроектирование, использование как основы средств автоматизации образовательного процесса).

На технологическом уровне работы над проектом. Принципы индивидуальности, самоактуализации, субъектности, успешности (формирование Я-концепции), альтернативы, доверия и поддержки

(поскольку, согласно личностно-ориентированному подходу, способствуют планированию собственных индивидуальных маршрутов обучающихся и выстраиванию образовательных жизненных траекторий, в том числе построению индивидуальных траекторий непрерывного профессионального развития); принцип самообразования (как одно из звеньев актуализации приобретенных знаний, ведущий к самореализации личности в определенной сфере деятельности, выступающий источником профессионального самосовершенствования и социальной адаптации).

В ходе реализации проекта предполагается использование определенных методов, методик, инструментария, способных обеспечить необходимую проработку научной проблемы исследования на различных уровнях работы над проектом.

На данном уровне найдут применение следующие методы:

- интерактивные методы организации образовательного процесса (метод проектов, исследовательский метод, лекции «вдвоем» (со студентом, с представителем вендоров, работодателем), деловая игра, дискуссия, мозговой штурм, кейс-стади и др.), обеспечивают высокий уровень взаимно направленной активности субъектов взаимодействия, эмоциональное, духовное единение участников образовательного процесса, при этом активность педагога уступает место активности обучаемых что в полной мере соответствует принципам личностно-ориентированного обучения и самообразования; диагностические методы (тестирование, оценивание, рейтинг, обобщение независимых характеристик) позволяют с использованием соответствующих контрольно-измерительных материалов определить наличный уровень профессионального развития испытуемых для дальнейшего проведения педагогического эксперимента; обеспечивают целенаправленное, одинаковое для всех испытуемых обследование, проводимое в строго контролируемых условиях, позволяющее объективно измерять изучаемые характеристики педагогического процесса (тестирование);

- педагогический эксперимент (комплексный метод исследования, позволяющий получить новые знания о причинно-следственных отношениях между ключевыми педагогическими феноменами, факторами, условиями, процессами исследования (профессиональное развитие в ИТ-индустрии, индивидуальная траектория непрерывного профессионального развития и др.) за счёт планомерного манипулирования одним или несколькими переменными факторами и регистрации соответствующих изменений в поведении изучаемого объекта или системы; методы статистической обработки данных (выражают количественно качественные характеристика изучаемого объекта; позволяют количественно доказать состоятельность полученных экспериментальных данных);

- сбалансированная система показателей и ключевые показатели

эффективности, а также квалиметрическая оценка качества необходимы для оценки результатов студенческих проектов по реализации послепроектной стадии создания АС; методологии и корпоративные методики внедрения АС (MSF (MicrosoftSolutuinFramework), OM (OracleMethod), CitrixMetaFrame (CitrixSystems), PMBook др.) необходимы для обобщения передового опыта в вопросах проведения послепроектных стадий создания АС, найдут применение в организации образовательного процесса и как предмет изучения, и как методы выполнения квази профессиональных и профессиональных задач.

Ожидаемые результаты научного исследования по проблеме разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем:

1. Уточненное содержание, структура категорий «профессиональное развитие бакалавров и магистров», «индивидуальная траектория профессионального развития бакалавров и магистров», субъекты процесса их разработки;
2. Функционально-динамическая модель индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров, демонстрирующая их профессиональное становление в вопросах реализации послепроектной стадии создания АС на различных уровнях вузовской и послевузовской подготовки, согласно выявленным социально-экономическими и психолого-педагогическими условиям;
3. Технология разработки и последующего использования модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации послепроектной стадии создания АС;
4. Информационно-образовательная среда, действующая на принципах личностно-ориентированного и компетентностного подходов, реализующая идеи полипарадигмальности и преемственности образовательного процесса, вариативности и самообразования личности в различных формах их практического воплощения (программы спецкурсов для бакалавров, магистров, преподавателей вуза, работодателей; серии мастер-классов с вендорами и работодателями, способствующие коррективке индивидуальных траекторий профессионального развития обучающихся; электронные образовательные ресурсы, созданные на базе LMS Moodle с целью повышения мобильности реализации индивидуальных траекторий; организация психолого-педагогической поддержки профессионального развития будущих и состоявшихся бакалавров и магистров и др.);
5. Внутренние и внешние факторы, определяющие целесообразность профессионального развития будущих и состоявшихся бакалавров и

магистров в области Прикладной информатики в вопросах реализации послепроектной стадии создания АС для предприятий с различной сложностью ИТ-инфраструктуры (серия статей, тезисов, докладов на конференциях различного уровня).

Литература

1. Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З., Масленникова, О.Е., Пролозова, Н.О. Сопровождение корпоративных информационных систем [Текст]: учебник / О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева, О.Е. Масленникова, Н.О. Пролозова. – Магнитогорск. – Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2013. – 220 с. – Библиогр.: с. 180 - 187. – 500 экз. – ISBN 978-5-4463-0076-1
2. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е. Методика формирования компетенций ИТ-специалиста в области информационных систем по образовательной программе «Прикладная информатика» Гуманитарные научные исследования [Электронный ресурс]/О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова. – Декабрь 2013. – № 12. – Режим доступа: <http://human.snauka.ru/2013/12/5375> (дата обращения: 25.12.2013).
3. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е., Давлеткиреева, Л.З. Формирование компетенций специалиста в области информационных систем с привлечением вендоров [Текст] /О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, Л.З. Давлеткиреева // Прикладная информатика. – 2013. – № 2(44). – С. 49-56. – Библиогр.: с.56, ISSN 1993-8314
4. Петеляк В.Е. Использование криптографического свободного программного обеспечения в учебном процессе [Текст] /В.Е. Петеляк //Применение инновационных технологий в образовании: Сб. тр. XXIV Международной конф. / под ред. М.Ю. Алексева; О.С. Алексеевой; С.И. Золотовой; Е.И. Киревниной; Т.П. Кузькиной; Н.П. Митрофановой. – Троицк-Москва: изд-во Тровант, 2013. – С. 462-463.
5. Петеляк В.Е. Формирование криптографической компетенции ИТ-специалиста [Текст] /В.Е. Петеляк // Применение новых технологий в образовании: материалы XXV Международной конф./под ред. М.Ю.Алексева, О.С. Алексеевой, С.И.Золотовой, Е.И.Киревниной, Т.П.Кузькиной, Е.М. Шумковой. – Москва-Троицк, 2014. – С. 465-467.
6. Пролозова, Н.О., Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З. Анализ стандартов в области сопровождения автоматизированных информационных систем [Электронный ресурс] / Н.О. Пролозова, О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации, 2012. – № 11 (19) . – С. 7. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18571>
7. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З. Разработка инновационных механизмов повышения конкурентоспособности выпускников ИТ-специальностей вуза в условиях монопромышленного города [Текст]/Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. – Магнитогорск, 2012. – 200 экз. – ISBN 978-5-86781-982-8

Петеляк В.Е.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», petelyak@yandex.ru

Проблема незрелости системы профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Индивидуальная траектория, профессиональное развитие бакалавров и магистров, автоматизированные системы, стадии создания, ИТ-индустрия.

АННОТАЦИЯ

Рассматривается современность исследований по проблеме разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем, определяются задачи, тенденции и перспективы темы в социальном, образовательном аспектах, а также в контексте развития ИТ-индустрии страны и региона.

Проблема незрелости системы профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС в условиях полипарадигмальности научно-образовательного пространства в соответствии со сбалансированными потребностями личности и ИТ-индустрии региона, рассматривается в контексте требований к повышению качества и эффективности высшего профессионального образования, современных приоритетов развития страны.

Однако, как показывает практика, потребность общества в опережающей направленности подготовки бакалавров и магистров, готовых к решению профессиональных задач в условиях информатизации всех сфер общества, сталкивается с недостаточной готовностью основной части вузов к практической реализации данной функции. При этом традиционный характер образования не может в должной мере обеспечить индивидуальную траекторию непрерывного профессионального развития бакалавров и магистров. Кроме того, существует разрыв между социально-экономическим заказом на подготовку ИТ-специалистов, обладающего высокой профессиональной компетентностью в области информационных систем, и недостаточным уровнем направленного формирования их готовности к реализации стадий создания АС

Предлагаемый нами проект направлен на концептуальное

обоснование региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания АС на основе принципов полипарадигмальности и преемственности и экспериментальную проверку социально-экономических, психолого-педагогических условий её применения в образовательном процессе вуза согласно требованиям ИТ-подразделений, вендоров и работодателей.

В ходе выполнения проекта предполагается: уточнить содержание, структуру категорий «профессиональное развитие бакалавров и магистров», «индивидуальная траектория профессионального развития бакалавров и магистров»; разработать и экспериментально проверить функционально-динамическую модель индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем и технологий ее создания и последующего применения; спроектировать и внедрить в образовательный процесс вуза информационно-образовательную среду, используя различные формы её практического воплощения (программы спецкурсов для бакалавров, магистров, преподавателей вуза, работодателей; серии мастер-классов с вендорами и работодателями; электронные образовательные ресурсы, созданные на базе LMS Moodle с целью повышения мобильности реализации индивидуальных траекторий; организация психолого-педагогической поддержки профессионального развития будущих и состоявшихся бакалавров и магистров и др.); выявить и закрепить посредством публикаций внутренние и внешние факторы, определяющие целесообразность профессионального развития будущих и состоявшихся бакалавров и магистров в области Прикладной информатики для реализации послепроектной стадии создания АС на предприятиях с различной сложностью ИТ-инфраструктуры.

Согласно последним результатам проблема согласования интересов работодателей, вузов и личности обучающегося в отношении образовательных услуг особенно остро стоит в монопромышленных городах. Традиционно высшая школа моногородов обслуживает потребности в специалистах градообразующего предприятия и обладает узкой специализацией (Тольятти и Набережные Челны — автопром, Магнитогорск — металлургия). В этой ситуации важно не только переосмыслить назначение высшей школы в городе на макроуровне как средство изменения ситуации в лучшую сторону, но и найти механизмы перевода рынка услуг высшего образования на новый качественный уровень развития (Г.Н. Чусавитина).

Очевидно, выигрышными в данной ситуации становятся направления подготовки, ориентированные на сферу ИТ. Выпускники по образовательной программе 230700.62 (65) «Прикладная информатика» как ИТ-специалисты в области информационных систем должны быть компетентны в интеграции ИТ-решений с бизнес-процессами для

достижения стратегических целей предприятия (корпоративных целей). По существу, такие специалисты являются связующим звеном между техническими специалистами и управленцами. Полный перечень видов трудовой деятельности, определяемый профессиональным стандартом для специалиста по информационным системам, должен периодически обновляться и служить ориентиром для разработки университетами различного рода практико-ориентированных занятий, включая лабораторные, проектные и курсовые работы, учебные и производственные практики и т. п.

При этом формирование той или иной компетенции, согласно ФГОС ВПО третьего поколения, происходит в целом ряде дисциплин, в рамках каждой приобретая специфическую окраску. Таким образом, в настоящее время просто необходимо при организации образовательного процесса учитывать возможность построения цепочки «компетенция-дисциплина-компетенция» в развитии среди дисциплин учебных планов выбранных направлений подготовки.

Как отмечалось выше, не вызывает сомнения, что ИТ отрасль развивается стремительно; при этом появляются новые ИТ-специальности в то время, как значимость других сокращается. В соответствии с Распоряжением Правительства РФ № 2204-р от 29.11.2014 г. предусмотрен план по разработке профессиональных стандартов в сфере ИТ. По информации Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий (АП КИТ), в 2013 году было разработано 18 стандартов (программист; системный архитектор; специалист по информационным системам; системный аналитик; специалист по системному администрированию; менеджер информационных технологий; менеджер по продажам решений и сложных технических систем; специалист по информационным ресурсам; администратор баз данных), еще 12 будет разработано в 2014 (контент-менеджер, менеджер проекта в области интернет-технологий; дизайнер графических интерфейсов; проектировщик информационных систем; специалист по тестированию; интернет-маркетолог; менеджер продукта; консультант по сложным техническим системам; архитектор программного обеспечения). При этом только 11 стандартов разрабатывались на основе существующих, а остальные будут создаваться заново.

Тенденция в совместных действиях государственного и частного секторов, теоретиков и практиков различных отраслей промышленности проявляется в инициативе ОАО ММК (г. Магнитогорск), получившей уже сегодня одобрение Министерства труда и социальной защиты РФ, в разработке нового профессионального стандарта «Специалист по архитектуре бизнес-процессов». Анализ проекта данного стандарта показал, что Ядро профессиональных компетенций составляют компетенции, формируемые у бакалавров и магистров по направлению «Прикладная информатика» на базе одноименной выпускающей кафедры

ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова».

Активность АП КИТ в решениях вопросов развития ИТ отрасли проявляется в самых различных направлениях. Подготовка аналитических отчетов позволяет получить представление о возможных мерах по развитию ИТ в РФ с позиций бизнес-сообществ, об уровне развития ИТ в разрезе федеральных округов и отраслей. Активность комитетов по региональной политике и образованию, результаты проводимых под их эгидой конференций позволяют познакомиться с прикладными исследованиями в области развития ИТ отрасли региона, использования профстандартов, вовлечения работодателей и производителей программного и аппаратного обеспечения (вендоров) в процесс подготовки и переподготовки ИТ-кадров.

Основные участники данного научно-исследовательского проекта являются сотрудниками МГТУ, который в настоящее время является одним из авторитетных многопрофильных технических университетов России с разветвленной инфраструктурой, мощной материально-технической базой, высоким интеллектуальным потенциалом. Программа развития МГТУ стала победителем в конкурсном отборе программ стратегического развития государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, на основании чего университет включен в сотню ведущих вузов Российской Федерации.

По итогам мониторинга эффективности деятельности вузов, проводимого Минобразованием России в 2012, 2013 годах МГТУ признан эффективно действующим вузом. В 2010 году вуз был реорганизован путем присоединения к нему четырех Магнитогорских образовательных учреждений среднего профессионального образования (Распоряжение Правительства РФ от 22 декабря 2009 г. №2039-р), а в 2014 году закончена реорганизация МГТУ путем присоединения к нему Магнитогорского государственного университета (приказ Минобрнауки России от 21 марта 2013 г № 197).

Образовательная деятельность ведется по более, чем 300 образовательным программам высшего образования, среднего профессионального образования и программам дополнительного образования. По 46 специальностям открыта аспирантура, по 10 докторантура, действует 5 докторских диссертационных советов по 10 научным специальностям. По результатам внешнего российского и международного аудита МГТУ сертифицирован на соответствие системы менеджмента качества МС ИСО 9001:2008 (№ 09.720.026 от 19 октября 2009 г.). За последние годы в университете резко активизировались работы по комплексному внедрению ИТ во все сферы вузовской деятельности, а также по разработке новых программ базовой и специальной подготовки по ИТ, отвечающих современным, быстро меняющимся требованиям.

В течение нескольких лет в университете ведутся исследования по проблемам профессионального развития ИТ-специалистов. Это

потребовало решения целого ряда задач, основными из которых явились следующие: разработка организационной структуры, обеспечивающей создание, поддержку и развитие информационно-образовательной среды; подготовка преподавателей и специалистов для работы в данной среде; техническое и технологическое обеспечение («Система управления информационной инфраструктурой образовательного процесса факультета информатики Магнитогорского государственного университета» - свидетельство об отраслевой регистрации №10.11); разработка и сопровождение электронных образовательных ресурсов; создание и поддержка сайтов (свидетельство об отраслевой регистрации № 3497) и портала (№ 4054); развитие научной и научно-методической работы в области современных ИКТ, применение их в области образования; взаимодействие с отечественными и зарубежными организациями и развитие инновационной деятельности в указанной области.

МГТУ имеет обширную сеть партнёров на региональном, федеральном и международном уровнях. Стратегическими партнёрами вуза на региональном уровне являются: Администрации городов и районов Челябинской области, промышленные предприятия (ОАО «ММК» и др.), организации и предприятия различных форм собственности, банки, учреждения культуры и здравоохранения, учреждения профессионального образования города и области, школы и т.д. С большим количеством предприятий университет имеет договора на подготовку специалистов. К стратегическим партнёрам университета на федеральном уровне следует отнести: Министерство образования и науки Российской Федерации, Российская академия наук, РФФИ, РГНФ и др., которые финансируют научные исследования, выполнение инновационных программ и проектов. В 2008 году был создан «Отдел по содействию трудоустройству выпускников», который предоставляет информацию и консультации выпускникам по вопросам касающимся трудоустройства, обобщает имеющийся опыт установления связей высшей школы с производственной сферой и др. Совместно с администрацией Магнитогорска был создан бизнес-инкубатора инновационных технологий. Приоритетными направлениями работы которого являются создание и внедрение программных продуктов и современных технологий для различных отраслей как промышленной, так и социальной сферы города. К работе привлечены ведущие ученые, преподаватели и талантливые студенты.

Ежегодно количество НИР растет, в том числе по профилю предполагаемого проекта. Университет ведет активную научно-исследовательскую деятельность. На базе вуза действуют НИИ «Наносталей», НИИ «Металлургических технологий и обработки материалов давлением», НИИ «Комплексного освоения георесурсов»; инновационно-технологический центр, технопарк и студенческий бизнес-инкубатор. Основные научные направления МГТУ соответствуют Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники

Российской Федерации и Перечню критических технологий федерального уровня: энергетика и энергосбережение; информационно-телекоммуникационные системы; рациональное природопользование; технологии снижения риска и уменьшения последствий природных и техногенных катастроф; технологии создания и управления новыми видами транспортных систем; технологии экологически безопасной разработки месторождений и добычи полезных ископаемых и др.

Научный коллектив в период с 2008 по 2011 год участвовал в международном проекте Темпус № 144853-TEMPUS-2008-FR-JPHES «Разработка рамки квалификаций для системы высшего образования Уральского региона». Разработанные 2 сетки квалификаций были широко обсуждены и одобрены на Международной конференции и в рамках социологического опроса, в котором приняли участие образовательные учреждения профессионального образования и работодатели Челябинской и Свердловской областей, Республики Башкортостан. Итогом интеграции двух сеток квалификаций стала итоговая рамка квалификаций. Проект был выполнен консорциумом вузов, состоящим из трех европейских университетов, в странах которых уже приняты и широко используются Национальные рамки квалификаций: Университет науки и технологий Лилля, Лимерикский университет и Эдинбургский университет, – и трех вузов Челябинской области.

У коллектива проекта имеется опыт выполнения работ в области тематики конкурса, наличие публикаций и монографий, защищенные диссертации. Повсеместно идет внедрение результатов проведенных работ в образовательный процесс. Используются различные формы внедрения результатов работы в образовательный процесс: новые курсы, отдельная образовательная программа со специализацией по тематике конкурса, использование результатов работ коллектива в практических и лабораторных занятиях. Особое внимание уделяется регистрации результатов интеллектуальной деятельности. Таким образом, коллективом накоплен богатый организационный и методический опыт по совершенствованию подготовки научно-педагогических кадров.

Вендоры, с которыми сотрудничает вуз, предлагают свои сертифицированные курсы в виде образовательных инициатив. При этом студенты получают возможность освоить работу с соответствующим программным и аппаратным обеспечением, а также адаптироваться к требованиям работодателей. Проблема на сегодняшний день состоит в теоретическом и практическом обосновании реализации модели индивидуальной образовательной траектории профессионального развития бакалавров и магистров по направлению «Прикладная информатика» на базе программно-аппаратных средств и образовательных инициатив вендоров на основе современных методологических подходов и принципов. Факультет информатики, а теперь и кафедра «Прикладной информатики» ФГБОУ ВПО «МГТУ им.Г.И. Носова» сотрудничает в данном

направлении с рядом компаний: Microsoft, ComputerAssociate, Oracle, CISCO и многими другими.

Анализ обозначенных позиций относительно проблем внедрения и сопровождения автоматизированных систем на предприятия различных областей позволяет утверждать, что в организации должен присутствовать специалист (или наниматься из соответствующей компании), который на высоком уровне владеет методологиями внедрения, сопровождения современных систем, способен оценить необходимость применения того или иного механизма для конкретных условий предприятия с учетом особенностей системы.

Таким образом, повышение ориентации образования на практические нужды отрасли ИТ является одной из важнейших задач учебных заведений в настоящее время. Перспективным направлением является взаимодействие ведущих образовательных организаций высшего образования и компаний, работающих в области ИТ, как по вопросам кадровой политики, так и в части научной деятельности.

Литература

1. Махмутова, М.В., Давлеткиреева, Л.З. Инновационный подход к технологии подготовки ИТ-специалиста в университете [Текст] / Махмутова М.В., Давлеткиреева Л.З. // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование, 2013. – № 2. – С. 103-116. – Библиогр.: с. 115.
2. Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З., Малахова, И.В. Аудит информационной инфраструктуры компании и разработка ИТ-стратегии [Текст]: монография / О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева, И.В. Малахова. – Магнитогорск. – Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2012. – Библиогр.: с. 224. – 500 экз. – ISBN 978-5-86781-967-5.
3. Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З., Масленникова, О.Е., Пролозова, Н.О. Сопровождение корпоративных информационных систем [Текст]: учебник / О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева, О.Е. Масленникова, Н.О. Пролозова. – Магнитогорск. – Изд-во Магнитогорск. гос. ун-та, 2013. – 220 с. – Библиогр.: с. 180 - 187. – 500 экз. – ISBN 978-5-4463-0076-1.
4. Назарова, О.Б., Масленникова, О.Е., Давлеткиреева, Л.З. Формирование компетенций специалиста в области информационных систем с привлечением вендоров [Текст] / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова, Л.З. Давлеткиреева // Прикладная информатика. – 2013. – № 2(44). – С. 49-56. – Библиогр.: с.56, ISSN 1993-8314.
5. Пролозова, Н.О., Назарова, О.Б., Давлеткиреева, Л.З. Анализ стандартов в области сопровождения автоматизированных информационных систем [Электронный ресурс] / Н.О. Пролозова, О.Б. Назарова, Л.З. Давлеткиреева // Современные научные исследования и инновации, 2012. – № 11 (19). – С.7. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18571>.
6. Требования к выпускной квалификационной работе студентов специальности 080801 «Прикладная информатика (в экономике)» (методические рекомендации) [Текст]/ Назарова О.Б., Масленникова О.Е., Махмутова М.В., Белоусова И.Д., Давлеткиреева Л.З., Попова И.В., Новикова Т.Б., Удотов А.С. // Международный журнал экспериментального образования, 2010. – № 3. – С. 13-14.

Чернова Е.В.¹, Гиляжева Г.З.²

¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, к.п.н, доцент кафедры бизнес-информатики и информационных технологий Института энергетики и автоматизированных систем, hellenachernova@mail.ru

² Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, магистрантка 2 курса Института энергетики и автоматизируемых систем, um_gulya@mail.ru

Формирование толерантного мировоззрения у учащихся для профилактики киберэкстремизма в условиях поликонфессионального и многонационального общества

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Толерантность, киберэкстремизм, профилактика, информационная безопасность.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы, связанные с профилактикой киберэкстремизма посредством воспитания толерантности у старшеклассников. Информационная безопасность является неотъемлемой составляющей концепции национальной безопасности, и чем шире информатизация охватывает основные сферы жизнедеятельности человека, тем острее становится проблема информационной безопасности.

Широкие возможности Интернета уже давно и активно используют экстремистские и террористические организации по всему миру. Существенную проблему сетевая деятельность террористов представляет и для России, где развитие Интернета день ото дня становится все более динамичным. Анализ проблем в данном контексте показывает, что в настоящее время отсутствует эффективная система противостояния информации ненависти, агрессии, эскалации экстремизма, происходит наращивание деструктивных процессов в информационном сообществе, увеличиваются серьезные столкновения на политической, социальной, национальной и религиозной почве на веб-сайтах, в интерактивной коммуникации. Как следствие – отсутствие культуры толерантной коммуникации, не обеспечен широкий доступ населения к информации о процессах по формированию в обществе установок толерантного сознания).

В современном мире наметился рост фундаменталистских и экстремистских тенденций, активных попыток по использованию религии

и ее организаций для служения воинствующему национализму, шовинизму, политизации религиозной жизни. На этом фоне толерантность вовсе не означает вседозволенность и безразличие. В настоящее время очень сложно соблюсти баланс между принципами демократии и правами человека, свободы совести и религии с одной стороны, и сохранением национальной культуры, этнической и религиозной идентичности – с другой.

Мы предлагаем организовать внеклассное мероприятие с целью профилактики защиты от террористических и экстремистских угроз в сети Интернет в условиях поликонфессионального, многонационального общества.

Цель проекта – формирование толерантного мировоззрения у учащихся и воспитание культуры толерантности, основанных на принципах уважения прав и свобод человека, стремления к межнациональному согласию, готовности к диалогу.

Задачи проекта:

- ввести и закрепить определение термина «толерантность», углубить понимание его значения;
- показать многоаспектность понятия «толерантность»;
- выявить пути формирования толерантного сознания;
- сформировать представление о толерантном поведении в условиях конфликта интересов.

Во время занятия школьники: попытаются дать свое определение толерантности; узнают об особенностях общения в виртуальном пространстве; разберутся, что значит быть толерантным человеком; выяснят, существуют ли границы толерантности; научатся быть толерантными в общении.

Ожидаемые результаты проекта: воспитание толерантного сознания в современном мире; формирование навыков независимого мышления, критического осмысления и выработки мировоззренческих суждений, основанных на моральных ценностях гражданского общества.

Понятие толерантности формировалось на протяжении многих веков, и этот процесс продолжается до сих пор. Накапливая разносторонние значения, термин «толерантность» стремится соответствовать действительности, в которой многообразные проявления нетерпимости требуют новых средств преодоления. Так что «копилка» толерантности постоянно пополняется.

Согласно определению, данному в Декларации принципов толерантности (подписана 16 ноября 1995 года в Париже 185 государствами членами ЮНЕСКО, включая и Россию), толерантность означает «уважение, принятие и правильное понимание богатого многообразия культур нашего мира, наших форм самовыражения и способов проявлений человеческой индивидуальности». Это определение,

наиболее масштабное, подразумевает терпимое отношение к иным национальностям, расам, цвету кожи, полу, сексуальной ориентации, возрасту, инвалидности, языку, религии, политическим или иным мнениям, национальному или социальному происхождению, собственности и пр.

На русский язык с английского Декларация была переведена как «Декларация принципов терпимости». Но понятие «терпимость» не только не отражает полноты «толерантности», но и может быть прямо противоположно ему. Русский глагол «терпеть» имеет негативную окраску: терпение всегда пассивно и означает лишь внешнее сдерживание своего отношения, никак не меняющее самой позиции нетерпимости. Напротив, «толерантность» толкуется в Декларации как «активное отношение, формируемое на основе признания универсальных прав и основных свобод человека».

Уже более десятилетия весьма активно и широко ведется обсуждение проблемы толерантности в самых разных вариациях ее постановки и истолкования. Если исходить из «нормативного» представления о толерантности и наиболее традиционного, и общего ее понимания, то толерантным, например, человеком является тот, кто не вызывает у других и сам не порождает ненависти или отчуждения, кто способен найти общий язык или какие-либо точки соприкосновения с другими людьми, будучи дружелюбным, отзывчивым, снисходительным, корректным.

Современный социокультурный контекст, в котором происходит осмысление и использование данного понятия, складывается из двух разнонаправленных тенденций. С одной стороны, расширяющийся процесс глобализации, необходимость для разных стран и разных культур жить в общем, становящемся все более тесным, мире; с другой стороны, вызванный этим встречный процесс активизации настроений антиглобализма, повышение чувствительности к вопросам национального самоопределения, этнической идентификации. И, наконец, это процесс известной атомизации общества (обществ), усиление настроений индивидуализма и проявления нетерпимости к инакому, повышение готовности к конфликтам людей, находящихся в процессе сложных поисков самоидентификации на разных уровнях ее становления. Все это делает проблему толерантности чрезвычайно актуальной и популярной темой всех уровней современного дискурса, применительно ко всем этажам социальной организации общества. При этом данное понятие используется и в самых разных контекстах, и в самом широком диапазоне значений и смыслов, но преимущественно, как уже было сказано, для обозначения проявлений вовне. Ибо о содержании внутренней жизни, о внутренних побуждениях и непроявленных (в поведении) мотивах судить с помощью термина «толерантность» не представляется обоснованным. Толерантность – это характеристика именно поведения, внешнего, обращенного вовне; внутреннее же для оценки толерантностью непроницаемо. В этом случае можно говорить о внутренней установке, присутствующей как

потенциальность толерантности. Таким образом, первый предположительный вывод относительно способа понимания термина «толерантность» может быть таков: это формальная характеристика, которая в то же время в определенном отношении применима и к неформальным проявлениям. Это феноменологическая характеристика специфического проявления, особенностью которого является то, что это проявление остается только позицией, скорее обозначением позиции (не предполагающей деятельности), чем ее осуществлением в реальном взаимодействии.

К настоящему времени сформировался уже вполне достаточный материал для того, чтобы на основании наблюдений, теоретических исследований и анализа соответствующей общественно-культурной практики (и ее следствий) делать какие-то выводы относительно смысла, функций и значения толерантности, того, как данное явление реально присутствует в современном обществе, влияет на его жизнь, какие последствия может иметь расширение понятия и практики толерантности. Как отмечает В.А.Лекторский, «идея толерантности, которая выглядит очень простой, в действительности не столь проста», ибо тесно связана «с рядом принципиальных философских вопросов, касающихся понимания человека, его идентичности, возможностей и границ познания и взаимопонимания» [5]. Несмотря на признание того факта, что не только мнения, но и то, что считают истинами, далеко не всегда бывают бесспорны (особенно во временной перспективе) и что в соответствии с принципом толерантности допустимы спорные (вызывающие сомнения) или неочевидные утверждения, при Президиуме Российской Академии наук, например, действует Комиссия по лженауке, которая не рассматривает и просто не принимает во внимание те гипотезы, положения, концепции, которые представляются ненаучными (несовместимыми с положениями доминирующей научной парадигмы). В свою очередь, сама наука в целом, как авторитетный, весьма специализированный и традиционно (уже около трехсот лет) обладающий известной независимостью в обществе институт, в последнее время подвергается не слишком толерантному давлению со стороны государства, которое оказалось не заинтересовано в том, чтобы суверенная наука торчала как сучок на «вертикали власти».

Следовательно, о толерантности все-таки нельзя сказать, что это универсальная по своему смыслу и содержанию категория, имеющая абсолютную ценность, и что в любом случае терпимость лучше конфликта. Существует не только соревновательность различных точек зрения (в самых разных сферах человеческой деятельности), но и некая объективная шкала ценностей, на которой одни из ценностей заведомо (или традиционно) признаются как более фундаментальные, основополагающие, безусловно значимые для человека, чем другие. И, наверное, есть сферы, где понятие «толерантности» вообще не применимо. Например, толерантность в области чести будет просто бесчестьем (а не

толерантностью), толерантность в области истины – также просто ложью.

Понятие толерантности в равной мере имеет хождение и в сфере социальности (на уровне, по выражению А.А.Зиновьева, «коммунальности»), и в сфере психологии, и в сфере инструментальной, когнитивной, и в сфере этикета, нормативности и условности; оно может быть корпоративно и индивидуально, неявно подразумеваемо и отчетливо демонстрируемо. Само введение понятия «толерантность» становится в этом случае магической процедурой, своего рода заклинанием. Оно часто еще больше все запутывает, мистифицирует, делает непонятными и основания той или иной оценки, и способ формирования отношения [2].

В истории человечества нетерпимость присутствовала всегда, порождая войны, религиозные преследования и идеологические противостояния. В повседневной жизни она выражалась и выражается в фанатизме, стереотипах, оскорблениях, а в государственном масштабе - в расовой дискриминации, преследовании по национальному, религиозному признаку, в нарушении важнейших демократических свобод.

В 90-х годах нетерпимость имеет прямое отношение к политике и рассматривается как угроза миру и безопасности. Поэтому правозащитники выступают с позиции трактовки толерантности, прежде всего, как преодоления всех форм расизма и расовой дискриминации. Юрий Джигладзе, президент Центра развития демократии и прав человека, считает, что такой подход к толерантности вовсе не означает игнорирования других форм нетерпимости. Просто в дискриминации, основанной на признаках расы, цвета кожи, родового, национального или этнического происхождения, нетерпимость в современном обществе выражается наиболее ярко.

Одновременно признание толерантности в более широком смысле является условием эффективной борьбы с расизмом, так как гражданские, политические и экономические права человека тесно связаны с социальными и культурными правами.

В более широком смысле - как терпимость и уважение ко всему «инакому» - понимают толерантность приверженцы социокультурного подхода. Они связывают толерантность с необходимостью просвещать общество, воспитывать терпимость и уважение, уничтожать психологические барьеры, способствующие возникновению фобий. Педагог Всеволод Луховицкий, председатель правления Молодежного центра прав человека и правовой культуры (МЦПЧиПК), выводит обоснование толерантности из естественных прав человека, понятия человеческого достоинства [5].

Смутное ощущение угрозы внешнего мира заставляет психику вырабатывать правдоподобное «рациональное» толкование, результатом чего чаще становятся предрассудки и ксенофобия (неприязнь к чужакам - иным этносам, религиозным меньшинствам, к специфическим, заметно отличающимся от большинства общества по целям и интересам

социальным группам и т.д.). Постоянный поиск «врага» рождает потребность защиты, выражающейся в приобщении к некой общности «своих», которые всегда сильнее «чужих». Терпимость, толерантность в этом аспекте означают отказ от догматизма, признание многообразия истины, что требует внутренней силы, уверенности в своей способности найти истину в диалоге.

Принципы толерантности как основные права и свободы закреплены в законных актах и провозглашены в международных декларациях. Базовый документ здесь Всеобщая декларация прав человека, а также Международный пакт о гражданских и политических правах, Международный пакт об экономических, социальных и культурных правах. В рамках Совета Европы (СЕ) действует Европейская Конвенция о защите прав человека и основных свобод. Недавно вступил в силу 12-й протокол конвенции, который обязывает ратифицировавшие его государства гарантировать любые права без какой-либо дискриминации и предусматривает механизм наказания в случае невыполнения обязательств. Россия подписала протокол в ноябре 2000 года, но не ратифицировала его и, по мнению правозащитников, вряд ли сделает это в ближайшее время.

Недопущение расизма и расовой дискриминации закреплены, прежде всего, в Международной конвенции о ликвидации всех форм расовой дискриминации, Конвенции о предупреждении преступления геноцида и наказании за него, Декларации о правах лиц, принадлежащих к национальным или этническим, религиозным и языковым меньшинствам.

В РФ главный документ для широкого определения толерантности - Конституция. В области расизма и расовой дискриминации основными признаются ст. 136 Уголовного кодекса (Нарушение равенства прав и свобод человека и гражданина) и 282 (Ответственность за действия, направленные на возбуждение национальной и расовой вражды, унижение национального достоинства, пропаганду исключительности, превосходства либо неполноценности граждан по признаку их национальной или расовой принадлежности).

Глобализация экономики, быстрое развитие коммуникаций, урбанизация и интеграционные процессы делают любую эскалацию нетерпимости потенциально опасной для всего мира. Осознание этой угрозы политиками и всемирной общественностью сделало одной из важных целей развития мирового сообщества достижение всеобщей толерантности. Декларируя ее принципы, различные правовые и культурные организации демонстрируют обозначившийся кризис терпимости в современном обществе. ООН по инициативе ЮНЕСКО объявила 1995 год (год 50-летия обеих организаций) Международным годом толерантности. На протяжении всего года вопросы терпимости, разнообразия культур, различия между людьми стали предметом обсуждения более чем на 50 региональных и международных

конференциях. Итог года — принятие Декларации принципов толерантности. В 2001 году началось объявленное ЮНЕСКО Международное десятилетие культуры мира и ненасилия.

Приверженцы социокультурного подхода акцентируют внимание на воспитании общества в духе толерантности, необходимости внедрения соответствующих образовательных программ. Так как если в международной практике приоритет в этой сфере принадлежит ЮНЕСКО, то в России этим пока в большей мере озабочены общественные организации. Например, разработан курс «Права человека», одобренный Министерством образования и уже преподающийся в некоторых общеобразовательных школах. Отдельное внимание авторами курса уделяется подготовке учителей, которые часто сами являются носителями нетерпимости, и чья роль в формировании сознания и ценностей ребенка столь же важна, сколь и родительская. Сотрудники центра отмечают критицизм учителей к существующим курсам граждановедения, что вселяет надежду на позитивные изменения.

подавляющим большинством специалистов отмечается специфическая роль культуры как механизма сдерживания, обуздания нетерпимости. Считается, что наиболее эффективный механизм воспитания толерантности - изучение иных культур. На него и нацелено большинство международных образовательных программ и на нем же зиждется вся политика ЮНЕСКО. Часть экспертов отмечают нерезультативность такого подхода в отрыве от других форм воспитания: моделирования ситуаций, в которых «враги» вынужденно работают вместе, или доказывают друг другу позиции, обратные своей; системы запретов нетолерантного поведения на бытовом уровне и других. Дистанция между практикой воспитания толерантности и психологическими, педагогическими методами заставляет задумываться о создании принципиально нового механизма воплощения идей толерантности.

Если не культивировать терпимость, остается только взаимное уничтожение, убеждены пропагандисты идей толерантности. Для России распространение и применение идей толерантности актуально не менее чем во всем мире. Однако экономический и политический кризис способствует процветанию нетерпимости, а сложившиеся государственные традиции приводят к проявлению всех форм дискриминации. Первым шагом к осуществлению идей толерантности должна стать сама констатация существования различных форм нетерпимости в обществе. Каждому из нас трудно признать, что в России есть расизм, что права многих ущемлены, что мы подвержены фобиям. Осознание проблемы вернее всего приведет к необходимости ее решения...

Среди международных документов, посвященных уважению прав человека, демократии и законности, особое место отводится Декларации принципов терпимости, подписанной 16 ноября 1995 в Париже 185 государствами-членами ЮНЕСКО, включая Россию.

Согласно определению, данному в Декларации, толерантность означает «уважение, принятие и правильное понимание богатого многообразия культур нашего мира, наших форм самовыражения и способов проявлений человеческой индивидуальности». Это определение подразумевает терпимое отношение к иным национальностям, расам, языку, возрасту, политическим или иным мнениям, религии.

История свидетельствует о глубоком интересе к проблеме толерантности в области свободы совести как краеугольного камня гражданского общества. Как философская проблема понятие «толерантность» было сформулировано в связи с осмыслением итогов Тридцатилетней войны, в ходе которой представители враждующих конфессий нещадно истребляли друг друга. В этом отношении наиболее известны мысли Дж. Локка в «Письмах о терпимости». Кажущееся первоначально нейтральным то или иное понятие наполняется с течением времени политически-этическим смыслом.

Толерантность в качестве российской государственной политики по отношению к межнациональным проблемам становится в последние годы не столько системой действенных мер или программ в области массовой коммуникации, сколько популярной декларацией. Следует разобраться в вопросе, какими средствами и в каком объеме толерантность представлена в наиболее современной коммуникативной среде – Интернет. Эта тема носит теоретико-методологический характер, поскольку, с одной стороны, отвечает на вопрос, каким образом проблема толерантности позиционируется в наиболее современном средстве коммуникации, а с другой, насколько это средство удовлетворяет информационным потребностям государства.

Прежде всего, следует разобраться с самим определением понятия толерантности. Если популярные энциклопедии говорят о том, что толерантность — это «терпимость к чужому образу жизни, поведению, чужим обычаям, чувствам, верованиям, мнениям, идеям. Толерантность является одним из основополагающих демократических принципов, неразрывно связанным с концепциями плюрализма, социальной свободы и прав человека», то политологи в этом смысле менее консервативны и в большей степени ориентированы на современные социальные реалии. «Толерантность изобретена либералами, – говорит известный отечественный эксперт в области мусульманской культуры и геополитики Гейдар Джемаль, – людьми, которым кажется, что главное – это просто хорошо жить, нормально, комфортно и удобно... Вот есть люди с невозможными метафизическими идеями, готовые за эту идею умереть, а это, естественно, разрушает легкую, спокойную и сладкую жизнь. Толерантность — это либеральная позиция, исходящая из того, что, по большому счету, на все идеи наплевать, лишь бы мне дали чай пить спокойно».

Получается, что толерантность, как форма терпимого и

взаимозаинтересованного отношения национальностей и концессий, становится неоднозначным понятием в современном многополярном мире. Интернет в этом смысле является не просто зеркалом, он калькирует социальные процессы в силу своей способности к отображению не декларативного, а трендового положения вещей. Если проанализировать современные ресурсы, так или иначе, связанные с понятием толерантности, то легко заметить несколько весьма отчетливых групп, тематически определенных позицией содержания по отношению к этой проблеме.

Первая группа – медийные ресурсы обычного типа, включающие в себя традиционные клоны телерадиоканалов, интернет-версии печатных изданий и информационные ресурсы, позиционирующие себя в качестве средств массовой информации (имеющие соответствующую аккредитацию в Роскомнадзоре в качестве СМИ).

Позиция этих популярных ресурсов (<http://www.rbc.ru>, <http://lenta.ru>, <http://www.kp.ru>, <http://www.newsru.com>, <http://www.echo.msk.ru> и др.), в первую очередь официальных – сдержанный нейтралитет, при котором толерантность соблюдается в той мере, в которой она соответствует политической ситуации и политкорректна в государственном смысле. С другой стороны, мы имеем доступ к целому комплексу русскоязычных ресурсов, отображающих общеевропейское представление о предмете (Euronews, BBC, CNN и INOPRESSA.RU), в которых толерантность завуалирована разочарованием в мультикультурализме, как общеевропейской политике. При этом российская аудитория такую трактовку понимает и воспринимает. Толерантность с отрицанием мультикультурализма (понимание, без ассимиляции понятий) вполне отвечает духу современного российского общества. В этом смысле показательно мнение Директора Института глобализации и социальных движений Бориса Кагарлицкого, высказанное в интервью «Свободной прессе»: «Мультикультурализм – это тупиковая стратегия. Беда в том, что те замены, которые ему предлагаются, не обязательно будут намного лучше. Проблема в том, что в обществе нужна не только культурная интеграция – либо через сохранения национальных особенностей, либо через ассимиляцию – а в том, чтобы включить людей на достойные места в социуме, и обеспечить обществу дальнейшее развитие».

Второй тип ресурсов – традиционный в смысле пропаганды толерантности. Это сайты движения АНТИФА (<http://www.antifa.ru/> или <http://radikal-antifa.anho.org>) и множество ресурсов, ретранслирующих подобную информацию. К этому типу относится меньше всего ресурсов в российском Интернете. Настораживает, что радикальный антифашизм по форме обращения к аудитории весьма похож на экстремистское движение с противоположным знаком, изобилуя лозунгами по типу «Ты все еще сидишь у компьютера? Выйди на улицу, верни себе город! Время действовать уже пришло!!!». С другой стороны, попытка найти существенную информацию по экстремистским или имеющим

националистическое звучание движениям выводит потребителя на сайты с устаревшим (около 1998 года) содержанием или, в лучшем случае, на официальный сайт Министерства Юстиции, с перечнем запрещенных и экстремистских организаций. При этом никакой осмысленной антипропаганды относительно экстремизма найти практически невозможно.

Количество видеороликов экстремистского содержания в популярных подкастовых ресурсах RuTube или YouTube (избиения и убийства на национальной почве, пропаганда националистических идей и т.п.) несопоставимо с количеством антифашистских материалов (по линии антифа или социальной рекламы толерантности) то они. При этом речь идет не о соотношении один к трем или четырем, а о порядках.

По всей видимости, сдержанная и нереализованная в системной политике государства позиция в отношении национализма, помноженная на слабую управляемость русскоязычного сегмента сети обостряет ситуацию, делает ее естественным следствием реальных социальных возможностей современного российского общества.

Третий тип материалов носит исключительно экстремистский характер. Сайты по типу «Кавказ-центр», официальные сайты НБП, РНЕ, Нурджаллар и другие – типичный образец одиозного экстремистского контента. К счастью, содержание таких ресурсов либо дублирует, либо противоречит содержанию аналогичных ресурсов и, во всяком случае, не имеет сколь-нибудь серьезного представительства (по посещаемости и интересу аудитории) в сети. Более того, организации, запрещенные Министерством Юстиции, впоследствии преследуются органами информационного контроля (в том числе отделом «К» МВД), их сайты закрываются или блокируются для просмотра и посещения. Особняком здесь стоит сайт Кавказ-центра, который будучи неоднократно запрещен, тем не менее до сих пор продолжает существовать, находя новые хостинги, переходя с сервера на сервер. Впрочем, поскольку он финансируется происламскими спецслужбами, это скорее проблема отечественной системы правоохраны, нежели научная.

Множество сайтов, на которых, так или иначе, представлена проблема толерантности, в любом случае не имеют особой координированной структуры, и это – не столько свидетельство отсутствия тенденций к сохранению и пропаганде толерантности в Российском обществе, сколько – ее несоординированности. Кстати проблема в большей степени осмыслена и понята детскими психологами, причем довольно давно. «Преодолеть возникший разрыв между научными и обыденными представлениями о толерантности у школьников призвано дальнейшее развитие педагогики, сотрудничество и пропаганда толерантности в обществе как нормы жизни». Политически и методологически данная проблематика сегодня носит декларативный характер. В этом смысле предстоит предпринять множество мер государственного и общественного характера для создания

не просто координационного центра по этой проблематике на базе какой-то общественной организации, но и перестройки государственной политики в сфере воспитания толерантности в обществе.

Мы можем сколько угодно быть не согласными по политическим, религиозным взглядам с окружающими, но это их выбор, их ценности, в этом и проявляется человеческое разнообразие. Встречая в Интернет-пространстве различные сайты, критикующие те или иные взгляды, предпочтения, следует критически относиться к их содержанию, задуматься: вправе ли я кого-либо осуждать за то, что он не такой как я.

Проблема сохранения толерантности и ее повышения имеет большое значение в условиях нестабильных межэтнических отношений, роста различного рода фобий, случаев расизма, антисемитизма в российском обществе. Наш проект поможет учащимся стать более терпимыми по отношению к окружающим. Проявление толерантности к другому человеку является важным условием как для функционирования и адаптации человека в современном обществе, так и для выживания и развития самого общества.

Публикация выполнена в рамках работы над проектом РГНФ № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Литература

1. Давлеткиреева, Л.З., Ижбаев, С.А. Роль государства, бизнеса, институтов гражданского общества и СМИ в формировании системы противодействия идеологии киберэкстремизма [Текст] / Л.З. Давлеткиреева, С.А. Ижбаев // Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи: сб. статей / под. общ. ред. Г.Н. Чусавитина, Л.З. Давлеткиреева, Е.В. Чернова. – Магнитогорск, 2013. – С. 45-50. – Библиогр.: с.50, ISBN 978-5-4463-0050-1.
2. Зеркина Е.В., Чусавитина Г.Н. Подготовка будущих учителей к превенции девиантного поведения школьников в сфере информационно-коммуникативных технологий. – Магнитогорск: МаГУ, 2008. – 184 с.
3. Чусавитина Г.Н., Чернова Е.В. Толерантность как средство борьбы с экстремизмом и терроризмом // Современные проблемы науки и образования: тезисы докл. XLIII внутривуз. науч. конф. преп. МаГУ. – Магнитогорск. 2011. – С. 100 – 102.
4. Чусавитина, Г.Н., Давлеткиреева, Л.З., Чернова, Е.В. Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодежи [Текст]: сборник статей / под. общ. ред. Г.Н. Чусавитина, Л.З. Давлеткиреева, Е.В. Чернова. – Магнитогорск, 2013. 162 с.– 200 экз.. – ISBN 978-5-4463-0050-1.
5. Чусавитина, Г.Н., Курзаева, Л.В., Давлеткиреева, Л.З., Чусавитин, М.О. Подготовка будущих учителей к обеспечению информационной безопасности [Текст]: монография / Г.Н. Чусавитина, Л.В. Курзаева, Л.З. Давлеткиреева, М.О. Чусавитин. – Магнитогорск, 2013. – 188 с. – Библиогр.: с. 147 – 159. – 500 экз.. – ISBN 978-5-4463-0049-5.

Чиркова Л.Н.¹, Глотова А.Г.²

¹ Северный арктический федеральный университет им. М.В.Ломоносова, к.п.н., доцент кафедры экспериментальной математики и информатизации образования института математики, информационных и космических технологий, incir@yandex.ru

² Северный арктический федеральный университет им. М.В.Ломоносова, старший преподаватель кафедры информатики и информационной безопасности института математики, информационных и космических технологий, магистрант 2 курса, a.glotova@narfu.ru

Специфика электронного дистанционного курса для бакалавров заочной формы обучения строительных направлений подготовки по дисциплине «Компьютерная графика» с учетом особенностей их будущей работы в условиях Арктического региона

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электронный дистанционный курс, дистанционные образовательные технологии, Арктический вектор, заочная форма обучения, строительные специальности, компьютерная графика.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается специфика формирования контента электронного дистанционного курса по дисциплине «Компьютерная графика» для студентов заочной формы обучения строительных направлений подготовки с учетом особенностей их будущей работы в условиях Арктического региона.

В настоящее время компьютеризация всех сфер производства, широкое внедрение систем автоматизированного проектирования, выдвигает новые требования к профессиональной подготовке инженеров, прежде всего, к инженерно-конструкторской, как одного из ее содержательных компонентов. Это связано с тем, что современный инженер должен в совершенстве владеть средствами компьютерной графики, уметь моделировать и конструировать объекты, работать с графическими пакетами прикладных программ.

Развитие информатизации образования инициирует повсеместное применение дистанционных образовательных технологий (ДОТ). Одним из основных направлений развития информатизации образования является реализация возможностей информационных и коммуникационных технологий для подготовки специалистов в контексте мировой экономики и политики, в том числе связанной с освоением северных территорий.

Потребность в подготовке высококвалифицированных,

востребованных на международном уровне инженеров строительных направлений подготовки с учетом специфики работы в условиях Крайнего Севера определяется в связи с исключительно важным для России геополитическим значением Арктики, которая занимает более одной трети территории страны и характеризуется наличием разнообразных и значительных по запасам природных ресурсов, оцениваемых не только как средства производства, но и как основа жизни и инфраструктурная обустроенность удаленных и труднодоступных промышленно-хозяйственных территорий с низкой плотностью населения. Поэтому развитие Арктики представляет собой одну из основных целей государственного мегапроекта [1], в который органично вписаны хозяйственные, образовательные и социокультурные проекты. Есть множество профессий, способных укрепить национальные интересы России в Арктическом регионе. Одна из них - профессия строителя.

Строителей можно готовить без отрыва от производства с использованием современных средств коммуникации и дистанционных технологий обучения, которые позволяют реализовать возможности учебного информационного взаимодействия и потенциала распределенного информационного ресурса локальных и глобальной сетей.

Новые стандарты строительства, обеспечивающие высокое качество жизни в районах Крайнего Севера, диктуют новые требования к подготовке будущих строителей для работы в экстремальных природно-климатических условиях севера. Подготовка и переподготовка таких специалистов с опытом работы в строительной сфере традиционно осуществлялась в рамках заочной формы обучения, требующей выезда в вуз в сессионный период. Новые информационные и коммуникационные технологии позволяют осуществлять обучение удаленно с использованием дистанционных технологий обучения.

Средства коммуникации и дистанционные технологии обучения обеспечивают доступность и оптимизацию форм контроля качества усвоения материала, позволяют организовать заочное обучение независимо от расстояния и местоположения обучающегося, что связано с необходимостью разработки электронных дистанционных курсов (ЭДК) и наполнения их новым содержанием.

Под электронным дистанционным курсом будем понимать - учебный курс, реализуемый посредством образовательной платформы для пространственно-распределенных обучающихся, в котором определены цели обучения, образовательный контент и инструктивный материал по его использованию в образовательном процессе, иные дидактические инструменты, обеспечивающие достижение этой цели, а также инструменты контроля и оценки обученности.

В настоящее время в мире накоплен теоретический и практический опыт реализации систем дистанционного образования (ДО) и обучения в высшей школе. В научных трудах А. А. Андреева, И. К. Войтович, Л. И.

Мироновой, А. В. Осина, И.В. Роберт, И. В. Сергиенко, В. И. Солдаткина, Н. М. Якушевой и др. рассматриваются средства дистанционных и электронных образовательных ресурсов в структуре вузовской подготовки.

Анализ перехода от заочного обучения к дистанционному в современных условиях информатизации общества делают Н.А. Кокорев и М.А. Свешников. В своей работе В.И Овсянников проводит анализ сходства и различий дистанционного образования с заочным.

Высшему профессиональному образованию на основе использования современных информационных и коммуникационных технологий посвящены работы О. А. Козлова, М. П. Лапчик, Е.С.Полат, П. К. Петрова, И.В. Роберт и др.

Вопросы формирования информационных компетенций в различных предметных областях в вузе рассматриваются в ряде исследований ученых (Н. Г. Витковской, М. В. Горячевой, А. В. Гофенберг, Ю. Г. Плаксиной, Н. И. Сакович, Е. В. Шалашова и др.).

В работах Е. А. Горневой, Л. И. Мироновой, Н. И. Сакович, В.А. Сухомлина, Е. В. Шалашова и др. исследованы организационно-методические аспекты формирования информационных компетенций с применением электронных образовательных ресурсов.

Анализ современных исследований по вопросам дистанционного образования показал, что разработке контента электронного дистанционного курса по дисциплине «Компьютерная графика» для студентов заочной формы обучения строительных направлений подготовки с учетом специфики их будущей работы в условиях Крайнего Севера уделяется недостаточно внимания.

Компьютерная графика - область научных знаний, охватывающая технологии (инструментарий, методы, средства) создания компьютерных двумерных и трехмерных изображений различного характера (растровых, векторных двумерных, векторных трехмерных, фрактальных и др.)

Компьютерная графика является одной из профессионально ориентированных дисциплин и играет важную роль в развитии компетентности инженера-строителя. Успехи в ее освоении служат индикатором будущей профессиональной состоятельности инженера, так как невозможно представить себе специалиста строителя, не владеющего графическим языком. При этом вне поля зрения остается специфика дистанционного обучения студентов-заочников строительных направлений подготовки по дисциплине «Компьютерная графика».

Мы полагаем, что разработка электронного дистанционного курса с учетом специфики проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях Арктики и Крайнего Севера, позволит оптимально организовать учебный процесс для студентов заочного отделения, повысит мотивацию студентов к изучению дисциплины «Компьютерная графика», откроет новые возможности для формирования специальных профессиональных компетентностей для производственной деятельности в условиях

Арктического региона.

Для достижения желаемых результатов было проведено исследование, которое состояло из нескольких этапов.

На констатирующем этапе проведен анализ ФГОС ВПО по направлению подготовки 270800 Строительство (квалификация «бакалавр»), ООП САФУ им. М.В.Ломоносова, рабочие программы учебной дисциплины «Компьютерная графика», который позволил выявить отсутствие специальных профессиональных компетенции (СПК) для осуществления производственной деятельности в условиях Арктического региона в основной образовательной программе по данному направлению подготовки. В соответствии с этим мы предлагаем расширить имеющийся перечень компетенций введением дополнительной специальной профессиональной компетенцией (СПК), а именно проектирование промышленных и гражданских зданий и сооружений с учетом климатических условий Арктики. Для формирования данной компетенции у бакалавров строительных направлений подготовки необходимо дополнить содержание ЭДК арктическим компонентом. Так была сформулирована проблема исследования, состоящая в поиске теоретических, методических и технологических подходов, реализация которых позволяет выявить основные принципы формирования контента ЭДК для бакалавров заочной формы обучения строительных направлений подготовки по дисциплине «Компьютерная графика» и обоснована актуальность ее решения. С этой целью осуществлялся теоретический анализ философской, педагогической, психологической литературы по теме исследования, накапливался материал наблюдений, анализировался опыт преподавания дисциплины, изучались возможности и формы дистанционного взаимодействия преподавателя и обучающихся, определено понятие «Электронный дистанционный курс», выявлена необходимость использования современных телекоммуникационных средств.

На втором этапе в соответствии с целями обучения и рабочей программой по дисциплине «Компьютерная графика» для бакалавров строительных направлений подготовки с учетом специфики работы в условиях Арктического построена структура ЭДК для заочной формы обучения, разработан ЭДК по дисциплине, подготовлено информационное обеспечение. На этом же этапе проводилась апробация дистанционной коммуникации преподавателя и обучающихся, на основании которой осуществлялось совершенствование как содержательной и методической сторон, так и самих схем коммуникации.

Содержание ЭДК состоит из следующих компонентов:

1. Инструктивный блок включает методические рекомендации по использованию курса, определение регламента дистанционной коммуникации.
2. Информационный блок включает наименование курса, сведения об

авторе, учебную программу, руководство по изучению дисциплины, содержательную часть (учебную информацию, разбитую на блоки), Информационный блок, в свою очередь, имеет следующую структуру: цель и задачи, сформулированные на «языке компетентностей», список рассматриваемых вопросов, список источников, учебно-методический текст, включающий в себя рабочую программу по дисциплине «Компьютерная графика»; видеоматериалы, размещенные для публичного доступа на видеосервисах; ресурсы сети Интернет.

3. Коммуникативный (организационный) блок определяет организационные стороны самостоятельной работы обучающихся, формы дидактического электронного общения преподавателя с обучаемыми.
4. Контрольный блок включает материалы для контроля и самостоятельной работы учащихся, цели проведения промежуточной и итоговой аттестации, формы ее проведения, требования к уровню достижений обучаемого, разъяснения по оценочным шкалам, материалы для промежуточной и итоговой аттестации, типовые практические задания, тестовые задания, контрольные работы, включающие задания для визуализации строительных сооружений с учетом специфики климатических условий Арктического региона.. Разработанная структура курса имеет следующий вид:

1. 2d-графика
 - 1.1. Построение геометрических объектов. Системы координат.
 - 1.2. Объектная привязка и объектное слежение.
 - 1.3. Команды редактирования.
 - 1.4. Свойства объектов.
 - 1.5. Полилинии и мультилинии.
 - 1.6. Построение массивов объектов.
 - 1.7. Нанесение размеров и текста.
 - 1.8. Работа со слоями.
 - 1.9. Работа с блоками.
 - 1.10. Настройка чертежа. Подготовка чертежа к печати.
 - 1.11. Макеты и видовые экраны.
 - 1.12. Внешние ссылки, вставка растровых рисунков.
 - 1.13. Нанесение штриховки.
2. 3d-графика.
 - 2.1. Черчение в изометрии.
 - 2.2. Трехмерное моделирование.
 - 2.3. Монолитные модели.
 - 2.4. Поверхности.
3. Лекции.
 - 3.1. Введение. Предмет курса, его цели и задачи. Понятие об интерфейсе. Математические основы двухмерной графики.

- Представление графических объектов. Операции с графическими объектами.
- 3.2. Математические основы трехмерной графики. Представление графических объектов. Операции с графическими объектами. Проецирование. Системы координат.
 - 3.3. Пространство и его свойства — размерность, топологические характеристики, кривизна, заполненность. Аппроксимация непрерывного пространства в дискретной реализации.
 - 3.4. Психофизиологические аспекты восприятия и воспроизведения пространства на плоскости. Иллюзии и графическое восприятие. Виды перспектив. Признаки глубины.
 - 3.5. Фрактальная геометрия. Построение реалистических изображений методами фрактальной геометрии. Генерация элементов ландшафта.
 - 3.6. Алгоритмические основы компьютерной графики. Отрисовка линий и поверхностей. Сглаживание. Графические тесты. Алгоритмы удаления невидимых линий (плавающего горизонта, z-буфера). Цвет и свет. Психофизиологические аспекты восприятия цвета и света. Отражение (диффузное, зеркальное), прозрачность, тени, фактура, смешение цветов.
 - 3.7. Аппаратные вопросы компьютерной графики. Физические принципы работы и основные графические устройства. Организация и взаимодействие ресурсов в компьютерной графике. Технические устройства (расчет и согласование).

Таким образом, в соответствии с рабочей программой подготовлено информационное обеспечение (содержательное и организационное) по дисциплине «Компьютерная графика».

На третьем этапе контент ЭДК был размещен на образовательной платформе Sakai, которая доступна с сайта университета для зарегистрированных и подписанных на курс студентов. Sakai — это среда дистанционного обучения, предназначенная специально для создания дистанционных курсов.

Исследование результативности использования ЭДК проводится в настоящее время на базе Северного арктического университета им. М.В. Ломоносова с целью проверки формирования специальных профессиональных компетенций у бакалавров заочной формы обучения строительных направлений подготовки. Общий охват обучаемых, участвующих в эксперименте, составляет 98 человек. Анализ анкет студентов и преподавателей, использующих в образовательном процессе ЭДК позволяет выявить его достоинства:

- предоставление образовательных услуг широкому кругу обучаемых делает образование более доступным;
- обучающийся сам определяет темп обучения, может возвращаться по

несколько раз к отдельным учебным модулям, пропускать отдельные разделы и т.д. Он не привязан ко времени занятия и к преподавателю, а может заниматься в удобное для себя время;

- обеспечение равных возможностей получения образования независимо от места проживания, состояния здоровья, элитарности и материальной обеспеченности обучаемого.
- широкие возможности для коммуникации: обмен файлами любых форматов, рассылка, форум, чат, возможность рецензировать работы обучающихся, внутренняя почта и др.;
- возможность использовать разные системы оценивания (балльную, словесную и т.д.);
- полная информация о работе обучающихся (активность, время и содержание учебной работы, зачетная книжка);
- возможность вносить изменения без тотального перепрограммирования;
- возможность работы для людей разного образовательного уровня, разных физических возможностей (включая инвалидов).

Остановимся на примерах типовых заданий (№1 и №2), предлагаемых, как правило, при изучении раздела «Полилинии и мультилинии» и контрольных заданий, включающих арктический компонент и визуализацию строительных сооружений с учетом специфики климатических условий Арктического региона, особенностями которого являются полярная ночь, длинная и холодная зима, сильные ветра и вечная мерзлота.

Типовое задание №1. Необходимо начертить фигуру, представленную на рис. 1.1. Ее контур удобно создать одной командой и представить одним объектом — полилинией (Pline). Она может состоять из нескольких прямолинейных или дуговых сегментов, имеет толщину и является более универсальным объектом, чем линия. Что касается шестиугольника, то в AutoCAD есть команда создания многоугольников - МНОГОУГОЛЬНИК, которой необходимо воспользоваться, чтобы начертить шестиугольник в виде одного объекта.

Типовое задание №2. Выполнить чертеж склада пиломатериалов, представленный на рисунке 1.2. Для построения стен и дорог используйте мультилинию. Размеры склада каждому обучающемуся предоставляются по вариантам.

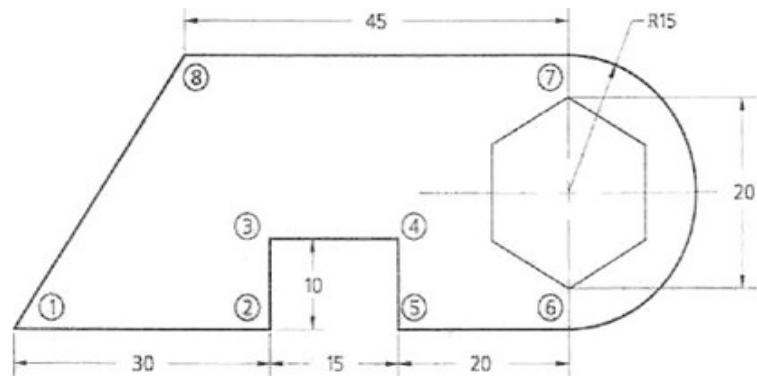


Рисунок 1.1 - Контур детали представляет собой ПОЛИЛИНИЮ, а шестиугольник создан объектом МНОГОУГОЛЬНИК [3]

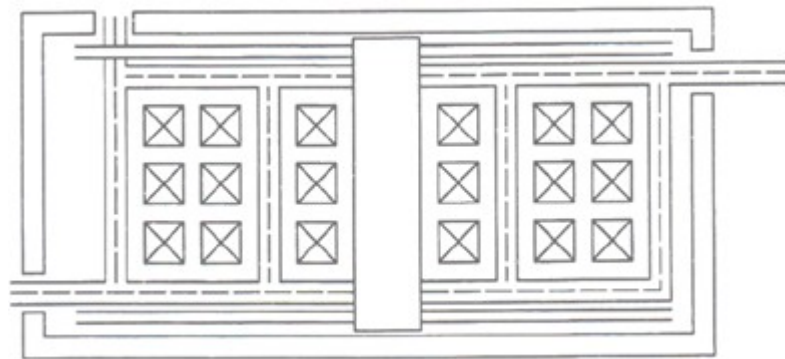


Рисунок 1.2 – Чертеж к заданию 2

Контрольное задание №1. Выполнить чертеж модуля, предназначенного для арктического поселка на примере рисунка 1.3[2].

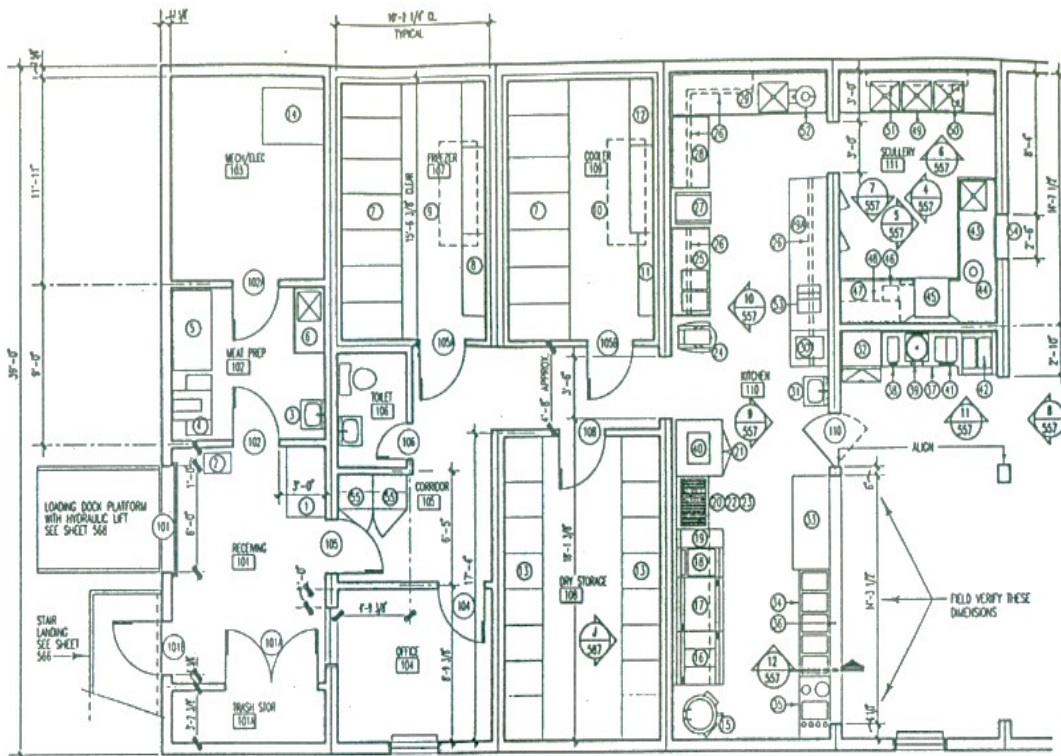


Рисунок 1.3 – План кухонных и складских помещений бытового модуля арктического поселка

При выполнении данного задания необходимо учесть, что в Арктике важно практичное строительство. Мысли инженеров работают в направлении сохранения тепла и уменьшения энергозатрат на отопление. Это означает применение конструктивных схем зданий, которые гарантируют отсутствие «мостиков холода», использование эффективных материалов и энергосберегающих технологий. Учесть особенности строительства фундаментов на ледяном панцире, который постоянно меняет свою структуру. Рыхлые грунты — песчаники, галечники и глины — в условиях вечной мерзлоты ведут себя самым непредсказуемым образом. Особенности конструкций, предназначенных для эксплуатации в суровых климатических условиях, являются модульные, прямоугольные жилые дома или со скругленными углами, чтобы легче переносить снежную бурю и избежать промерзания углов конструкций. Кварталы домов должны застраиваться, образуя замкнутый контур, между домами - узкие разрывы. Для избегания снежных заносов крыши домов односкатные, ориентированные по направлению господствующих ветров, а окна маленькие. Вспомогательные помещения используются одновременно и как ограждающие.

Контрольное задание №2. Выполнить чертёж фасада здания на примере фасада бытового модуля арктического поселка (рисунок 1.4[1])

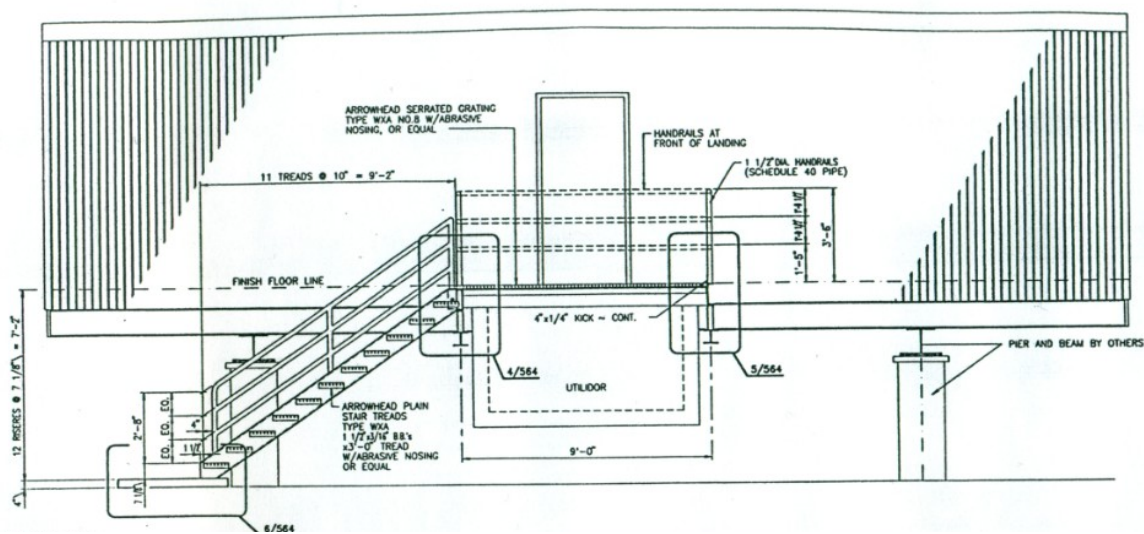


Рисунок 1.4 – Чертеж фасада бытового модуля арктического поселка

Регламент дистанционной коммуникации преподавателя и учащихся содержит следующие условия:

- консультации преподавателя посредством текстового чата проводятся согласно установленному расписанию; продолжительность консультации ограничена;
- индивидуальные консультации для отдельных учащихся проводятся в форме форума или текстового чата по отдельному расписанию;
- обсуждение, связанное с изучением предмета, может быть инициировано любым студентом на форуме сайта ЭДК в любое время;

принимать участие в обсуждении могут все учащиеся.

На формирующем этапе в процессе обучения дисциплине предусматривалось использование ЭДК. Был обоснован комплекс показателей и критериев, отражающих различные аспекты результативности применения данного подхода, а также разработана процедура измерения этих показателей и интерпретации их значений.

В частности, в качестве экспериментального показателя результативности была принята отметка по балльно-рейтинговой системе, которую учащийся получит по результатам обучения в конце семестра. В качестве контрольных показателей были приняты результаты учащихся, при обучении которых дистанционные технологии не применялись. Сопоставление результатов двух экспериментальных групп позволит судить о стабильности (воспроизводимости) результатов при традиционных методах обучения. Помимо этого с учащимися экспериментальных групп было проведено анкетирование с целью выяснения их отношения к дистанционным технологиям организации самостоятельной работы.

Критериями результативности будут служить:

- достоверное превышение средних показателей освоения дисциплины обучающихся экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой, устанавливаемое с помощью критерия Стьюдента;
- статистическая неразличимость результатов экспериментальных групп;
- результаты анкетирования, выявляющие отношение учащихся к использованию ЭДК в организации учебного процесса.

Анализ результатов анкетирования показал интерес обучающихся к заданиям, содержащим специфику их будущей работы в суровых климатических условиях Арктического региона, и что в целом учащиеся положительно оценивают применение дистанционных технологий при организации учебного процесса.

Таким образом, можно считать, что внедрение электронного учебного курса по дисциплине «Компьютерная графика» позволит решить одну из приоритетных задач дистанционного образования, а именно обеспечит научно-методическое сопровождение дифференцированного обучения студентов заочного отделения с учетом потребностей региона.

Литература

1. Государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации до 2020 года»
2. Барашков Ю.А., Проектирование городского односемейного дома [Текст] : метод. указ. к выполн. проектно-графич. упражнения № 1; Арх. гос. тех. ун-т. - Архангельск : [б. и.], 1994. - 33 с.
3. Ткачев Д. А., AutoCAD 2004: Самоучитель. – Киев: ВНУ;– СПб. : Питер, 2003. – 432 с.: ил.

Амиров Д.Ф.¹, Мкртчян В.С.², Мохова О.М.³

¹ Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск, Республика Татарстан, РФ, к.п.н., доцент кафедры информатики, adf_2006@mail.ru

² Университет управления, информатики и технологий, г. Сидней, Австралия, д.т.н., профессор, главный управляющий-ректор, hhhuniversity@gmail.com

³ Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», г. Альметьевск, Республика Татарстан, РФ, старший преподаватель кафедры информатики, nice.mohova@bk.ru

Проектирование электронной ресурсной базы виртуальной образовательной среды вуза

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Электронная ресурсная база, online-образование, виртуальная образовательная среда, WizIQ, мобильные приложения, виртуализация.

АННОТАЦИЯ

В докладе рассмотрены вопросы проектирования электронной ресурсной базы виртуальной образовательной среды вуза. Изложены теоретические положения проектирования электронной ресурсной базы. Представлены выводы и приоритетные задачи дальнейшей информатизации учебного заведения, а также рассмотрены новейшие тренды при проектировании виртуальной образовательной среды на базе современных информационных технологий.

В настоящее время к высшим учебным заведениям предъявляются многочисленные требования в области образовательной, финансово-экономической, юридической и международной деятельности, а также со стороны общества (социальные, информационные, сервисные и т.д.). Современные условия и нормативные документы четко определяют необходимость создания в высших учебных заведениях высокотехнологичных образовательных систем.

Цель настоящей работы – показать на примере вуза особенности и основные проблемы проектирования ресурсной базы открытой образовательной среды не только на теоретическом, но и на практическом уровне.

Практическое решение большинства проблем невозможно без информатизации системы образования, включая внедрение электронного документооборота в высших образовательных организациях, а также создание информационных и образовательных ресурсов (Распоряжение

Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 08.08.2009) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года»), чем во многом обуславливается актуальность разработки электронных ресурсных баз для создания открытой виртуальной образовательной среды вуза.

В работе рассмотрен комплексный подход к разработке и изучению проблем проектирования электронных ресурсных баз для создания открытой виртуальной образовательной среды образовательной организации, а также создание электронно-ресурсной базы, ориентированной на потребности вуза, при использовании новейших информационно-коммуникационных технологий.

Актуальность данной работы на сегодняшний день заключается в том, что в России до сих не находят распространения известные во всем мире online-курсы, построенные при использовании новейших информационно-коммуникационных технологий на платформе WizIQ. Развитие такого направления в дистанционном образовании во многом поможет совершенствованию системы образования в целом и обеспечит ее переход на качественно новый уровень – online-образование.

В практической жизни информационное обеспечение вуза – это повседневная потребность, обусловленная постоянно возрастающими объемами информации, необходимостью оптимизации образовательного процесса, повышения качества образования и, что немаловажно, минимизации бумажного документооборота.

Постановка целей является первым этапом проектирования электронной ресурсной базы. В первую очередь, следует отметить, что ресурсная база электронной образовательной среды представляет собой совокупность ресурсов, необходимых для успешного освоения студентами программ высшего профессионального, а также дополнительного образования в вузе.

При проектировании ресурсной базы открытой образовательной среды вуза необходимо учитывать педагогические аспекты. Виртуальная образовательная среда становится средством развития, а также саморазвития субъектов образовательного процесса. Это касается не только учащихся, но и самих педагогов. Виртуальная образовательная среда помогает педагогам не только в полной мере учитывать все требования действующего образовательного стандарта, но и быть в тренде актуальных запросов рынка труда в поиске новых знаний. Для студентов виртуальная образовательная среда создает условия для практической реализации индивидуального образовательного пути, что наилучшим образом помогает в дальнейшем адаптироваться на современном рынке труда. Это обуславливает формирование нового типа специалиста, способного реализовать концепцию «обучение через всю жизнь».

Для того, чтобы лучше понять специфику проектирования электронной ресурсной базы вуза, рассмотрим модель организации

виртуальной образовательной среды, которая представлена в ряде теоретических работ по данному вопросу.

Прежде чем переходить к проектированию ресурсной базы виртуальной образовательной среды, следует понимать, какие сервисы будут использованы и каким образом они будут работать. Остановимся на этом подробнее. К таким сервисам относится, например Web 3.0, представляющая собой методику проектирования систем, которые улучшаются посредством сетевых взаимодействий, то есть сервисы, наполняемые и улучшаемые самими пользователями (преподавателями и студентами). Данная технология также базируется на использовании видеоконференций и организации online-занятий. На базе этого сервиса должны работать ряд компонентов системы.

Рассматривая подробно проектирование электронной ресурсной базы виртуальной образовательной среды в вузе, отмечаем, что ресурсная база данной разработки складывается из нескольких составляющих, а именно:

1. Информационно-дидактическая среда вуза, включающая в себя: электронную библиотеку, учебно-методические комплекты всех специальностей, программы преподаваемых дисциплин с санкционированным доступом, компьютерные программы и оболочки, задания для подготовки к экзаменам, тесты, контрольные и экзаменационные работы;
2. Информационные Internet-ресурсы. Сюда можно отнести: сетевые библиотеки, сетевые электронные издания, журналы, образовательные порталы и сайты, виртуальные школы;
3. Ресурсы информационной среды. К их числу принадлежат: средства массовой информации (в том числе, внутривузовские), виртуальные музеи, выставки, информация от предприятий отрасли.

Функционирование ресурсной базы открытой образовательной среды вуза реализуется посредством официального сайта учебного заведения с оригинальным дизайном собственной разработки. Сайт уникален тем, что большую часть его разделов наполняют информацией непосредственно преподаватели и заведующие кафедрами, используя удаленный доступ к системе управления сайтом через Internet.

Постоянным в развитии ресурсной базы и образовательной платформы должно быть, например, ведение online-журнала текущей и итоговой успеваемости студентов, а также автоматизированное ведение балльного рейтинга студентов в режиме реального времени. На странице вуза также должно быть представлено расписание занятий учебных групп, причем доступное студенту по номеру студенческого билета (зачетной книжки), а кроме того – записаться на консультацию к тому или иному преподавателю, online-регистрации на участие в дисциплинах по выбору (магистратура). Данные о записи автоматически передаются в МИС и обрабатываются операторами call-центра вуза с информированием

студентов с помощью SMS-уведомлений. Для более эффективного продвижения на рынке образовательных услуг отдельных направлений деятельности вуза созданы промо-сайты, соответствующие основным направлениям подготовки вуза.

Также необходимо разработать мобильное приложение для iPhone, iPad и устройств на платформе Android. Мобильное приложение "ВУЗ" должно предоставлять полный доступ к информации об учебном заведении. Приложение должно включать в себя описания факультетов, кафедр, лабораторий, биографии сотрудников, справочные издания, учебные материалы. В приложении, как и на сайте, необходимо реализовать функцию online-записи на консультации к преподавателям, а также разработать по-факультетно и по-кафедрно систематизированный телефонный справочник для набора номера в «одно касание». Приложение позволяет найти вуз на карте и предлагает удобные способы проезда.

На базе открытой образовательной среды специалистами отдела информационных технологий (далее ИТ-отдел) вуза должна быть создана система мониторинга локальной сети и серверов вуза. Система в режиме реального времени проводит мониторинг работы узлов локальной сети, работу серверов и интеграционных процессов между ними, и в случае возникновения сбоя сервер системы мониторинга информирует о возникших неполадках сотрудников ИТ-отдела по электронной почте в режиме реального времени. Такой подход позволяет выявить и устранить неисправность, в некоторых случаях раньше, чем у пользователей возникнут проблемы в работе, а также, накопив статистику, позволяет принимать решения о замене проблемного узла сети или сервера.

Образовательная среда вуза должна иметь встроенную систему защиты информации, т.е. своей ресурсной базы. ИТ-отдел вуза проводит мониторинг мировых тенденций по появлению нового вредоносного программного обеспечения и при необходимости проводит доработки функций системы, направленные на усиление защиты от взлома и получения несанкционированного доступа к базе данных системы. В частности, внедрение защит от DoS-атак и подбора паролей, расширены возможности подсистемы по логированию действий пользователей.

Автоматизация высшего учебного заведения за счет внедрения открытой образовательной системы возможна только при детальной проработке ресурсной базы данной системы и позволяет создать единое информационное пространство, повысить эффективность всех направлений деятельности и предполагает решение следующих приоритетных задач, стоящих перед вузом:

1. Переход учреждения к инновационному социально ориентированному типу развития;
2. Реализация системы стандартизации в области образования с целью внедрения современных образовательных технологий и улучшению качества образования;

3. Конкретизация исполнения государственных гарантий в отношении видов, объемов, порядка и условий оказания образовательных услуг;
4. Оптимизация работы в системе бюджетного и коммерческого образования;
5. Рациональное использование и планирование ресурсов образовательного учреждения;
6. Обеспечение высокого качества администрирования в сферах оказания образовательных услуг и экономики;
7. Повышения профессионального уровня научно-педагогических кадров.

Для проектирования необходимо рассмотреть облачные решения. Следует отметить, что существует разнообразие существующих решений, в частности это могут быть: case-технологии, web-технологии и сетевые технологии. При использовании облачных технологий (т.е. технологий распределенной обработки данных) компьютерные ресурсы и мощности представляются пользователям в виде какого-либо Internet-сервиса. Исследование Cisco/Intel ясно свидетельствует о том, что облака стали частью окружающей действительности и быстро завоевывают новые позиции. Разрабатываемые Cisco и Intel облачные технологии являются наиболее гибкими, что позволяет использовать их для создания ресурсной базы открытой образовательной среды.

Рассмотрим основные задачи системы управления в виртуальной образовательной среде. Типовые задачи включают в себя проектирование, автоматизацию и внедрение процессов и функций: Service Desk, управление событиями, управление инцидентами, обработка запросов, управление проблемами, управление изменениями, управление активами (Asset Management, ITAM) и конфигурациями услуг, управление релизами и вводом в действие, управление каталогом услуг, управление уровнем обслуживания.

Проектирование ресурсной базы открытой образовательной среды вуза обусловлено спецификой изучаемых в вузе дисциплин. В основном, это естественные и технические дисциплины. Поэтому наиболее целесообразным нам представляется организация инженерных online-курсов в системе WizIQ.

Для виртуализации серверов и приложений использована платформа WizIQ, которая представляет собой платформу для дистанционного обучения и разрабатывается для того, чтобы помочь студентам и преподавателям находить друг друга, не выходя из дома и обеспечить действительную среду online-обучения. Это достигается посредством возможности проведения в данной среде вебинаров.

При проведении обучающих online-программ используются различные платформы для проведения вебинаров, одной из которых является WizIQ. Это онлайн-сервис, который позволяет проводить вебинары с использованием аудио-видео материалов, презентаций и т.д.

Слушатели онлайн-программ могут слышать голос ведущего, видеть презентацию, слушать музыкальное сопровождение, принимать активное участие в чате. Однако возникают большие трудности, связанные с контентом проводимого курса. Изобилие неструктурированной информации, недостоверность информации, растущее число открытых ресурсов, постоянно меняющийся мир, изменение рынка труда привело к появлению нового вида деятельности – курирования содержания.

Некоторые из этих проблем можно решить путем создания виртуального ассистента. Виртуальный ассистент – это интеллектуальная программная система, предназначенная для извлечения из базы знаний учебных материалов и предоставления их студенту в удобной для него форме. При этом форма подачи материала может быть жестко фиксирована и заложена на этапе их проектирования. Виртуальный ассистент может генерировать новые виды учебных материалов, основываясь на имеющейся базе знаний (БЗ). Например, если в БЗ имеется специальным образом размеченная лекция (т.е. текстовый материал, в котором тегами выделена структура, а также единицы учебного материала – формулы, теоремы, определения и т.п.), то на ее основе можно генерировать:

1. Гипертекстовое представление этого материала со ссылками на другие материалы из базы знаний;
2. Мультимедиа-материалы, включая презентации с аудио сопровождением, видео лекции с виртуальным лектором, 3D модели описываемых устройств и процессов и т.д.;
3. Различные виды контроля знаний (тестовые вопросы, контрольные работы и т.п.);
4. Тренажеры, обучающие решению практических задач и т.д.

При этом важно, что студент может сам выбирать более удобную для него форму представления материала, а также траекторию обучения. Либо оптимальную траекторию обучения выбирает ассистент, основываясь на результатах изучения предыдущих дидактических единиц.

При создании видео-лекций текст может читать виртуальный диктор, а студенту предоставлена возможность выбора диктора и его виртуального окружения из нескольких вариантов. Если в тексте лекции встречаются рисунки, таблицы, формулы и т.п., они могут быть визуализированы лектором на виртуальной же «классной доске».

Виртуальных персонажей можно использовать и в других целях. Например, для студентов вуза организуются виртуальные приемные, где он может общаться с преподавателями и сотрудниками учебного заведения, а также получать различную информацию. Организуются также виртуальные учебные аудитории для проведения занятий и общения студентов и преподавателей друг с другом.

Возможна также разработка виртуальных ассистентов для преподавателей, помогающих им наполнять учебную базу знаний.

Запись лекции голосом преподавателя может присутствовать в базе

знаний, однако зачастую исходными данными для лекции является только текст, поэтому необходимо решать задачу синтеза голоса по тексту (TTS – Text-To-Speech). В настоящее время существует довольно много так называемых «речевых движков» (Speech Engine), или голосовых синтезаторов, предназначенных для преобразования текста в звук речи. У каждого голосового синтезатора есть набор «голосов», которыми он может говорить.

Мощность персональных компьютеров и сложность голосовых синтезаторов за последние годы растет в геометрической прогрессии, поэтому использовать устаревшие разработки (например, голос «Катерина» компании Nuance, голоса «Дмитрий» и «Ольга» компании Loquendo) не имеет никакого смысла. Новые синтезаторы обеспечивают гораздо лучшее качество речи. Это, например, голос «Алена» компании Acapela Group (www.acapela-group.com), или разработки отечественной компании «Центр речевых технологий» (или ЦРТ, www.speechpro.ru). Виртуальный ассистент, разрабатываемый в ЛИСМО, может работать как с записанным голосом реального преподавателя, так и с любым «речевым движком», поддерживающим технологию Microsoft Speech API (SAPI) версии 4.0 или 5.0.

В простейшем случае «аватаром» виртуального ассистента может являться интерактивный помощник типа Microsoft Agent. Однако, если обучающая программа предполагает сопровождение аудио потока изображением виртуального лектора, то для этого необходимо создание полноценного анимированного персонажа диктора. Чаще всего персонаж создается не полностью. Для чтения лекции достаточно анимировать голову диктора и верхнюю часть тела. Самой сложной является лицевая анимация, т.к. лицо человека может принимать очень большое количество различных выражений при произнесении речи и отражении эмоций.

Существуют готовые решения для синхронизации движения губ виртуального персонажа со звуковой дорожкой с речью. Такая технология называется lip-sync. Часть из них является надстройками для таких известных пакетов 3D-моделирования, как 3DS Max и Maya компании Autodesk, Poser компании Smith Micro Software и т.п. Другие являются самостоятельными продуктами, например, Facial Studio и другие продукты компании Di-O-Matic (www.di-o-matic.com), LifeStudio:HEAD компании LifeMode Interactive (www.lifemi.com) и т.д. Часть из них имеют SKD, что позволяет использовать их анимационные движки в сторонних программах.

Если необходима полная анимация персонажа, то в дополнение к лицевой анимации модель дополняется скелетной анимацией тела и конечностей. Это может потребоваться, например, если лектор перемещается в виртуальном окружении, подходит к «доске» или каким-то учебным стендам и т.п. Существуют готовые модули скелетной анимации для 3DS Max, Maya и Poser.

Актуальной является задача разработки виртуального окружения, имитирующего выполнение лабораторных работ по различным вузовским дисциплинам – физике, химии и т.д. Например, коллективом ЛИСМО уже разработан ряд таких лабораторных практикумов. Для визуализации виртуального окружения ранее были использованы различные технологии:

3. GDI/GDI 2.0, Macromedia/Adobe Flash, HTML5 Canvas + JavaScript для 2D-окружения;

4. OpenGL, DirectX, HTML5 (WebGL) для 3D-окружения.

В настоящее время для визуализации 3D-окружения используется игровой движок Unity3D, для визуализации 2D-окружения – HTML5. Среди плюсов такого подхода следует отметить, что разработанные с применением Unity3D/HTML5 виртуальные лабораторные работы можно запускать как локально, так и онлайн. При этом поддерживаются практически все операционные системы (Windows, Linux, MacOS, Android, iOS) и все типы устройств (ПК, планшеты, смартфоны и т.д.). Также происходит разработка технологии для упрощения создания новых лабораторных практикумов. Эта технология включает в себя:

1. Составление технического задания;

2. Моделирование объектов виртуального окружения в среде Autodesk 3Ds Max;

3. Разработку framework с основными компонентами виртуальной лабораторной работы (система фреймов и переходов между ними, входной и выходной контроль знаний, промежуточное тестирование, отчет по выполненной работе, шифрование данных, абстрактные измерительные приборы и инструменты и т.д.);

4. Интеграцию лабораторного практикума в систему управления обучением Moodle.

Инвариантность автоматического куратора содержания виртуального ассистента обеспечивается за счет поддержания в нем скользящего режима

Также одним из приоритетных направлений при проектировании ресурсной базы открытой образовательной среды является виртуализация рабочих столов. Решения для виртуализации рабочих столов Майкрософт (Microsoft Desktop Virtualization) позволяют пользователям из любого места получать доступ практически к любому приложению и среде Windows. При этом индивидуально настроенный интерфейс сохраняется даже при использовании различных устройств, что является немаловажным в учебном процессе.

Рассмотрим вычислительные ресурсы и ресурсы хранения данных.

Устройством, служащим для организации сетевого доступа, является коммутатор D-Link DES-1026G 24port 19` rack-mount [DES-1026G]. В вузе имеются четыре сервера, которые выполняют следующие функции:

1. Первый сервер «DataBase» – представляет собой сервер, на котором хранится база данных с сотрудниками вуза и другие необходимые для

работы организации базы данных. Они организуются на базе платформы Windows 2003 Server SP2;

2. Второй сервер «FileServer» – он используется в качестве хранилища файлов и организуется на базе платформы Novell NetWare v.4.0;
3. Сервер № 3 «BackupServer» – вуз использует его для резервного копирования данных из первых двух, самых важных, серверов;
4. Сервер № 4 «ProxyServer» – сервер, являющийся посредником между каждой рабочей станцией и сетью Internet.

Переходим к выбору сетевого программного обеспечения. Работа в локальной сети поддерживается в настоящее время почти во всех операционных системах. Практика показывает, что в роли операционной системы серверов наиболее часто выступают следующие виды операционных систем: «Novell NetWare», «Unix», «Linux» и «Windows Server 2003».

«Novell NetWare» – первая коммерческая сетевая операционная система, позволяющая построение локальных сетей с произвольной топологией, которые состояли бы из разнородных машин (компьютеров). Ранее сетевые операционные системы были очень сильно зависимыми от конкретных конфигураций локальных сетей, и данная операционная система «Novell NetWare» отличается своей универсальностью. Все сетевые карты, имеющие драйверы «ODI» (Open Datalink Interface) могут быть использованы в сети «Novell». Из-за универсальности использования она уже долго остается основной операционной системой для локальной сети. Эта операционная система до сих пор находит достаточно широкое применение.

«Windows Server 2003» представляет собой сетевую операционную систему, содержащую в себе функциональный набор операционных систем семейств «Windows Server». Данная операционная система используется в тех случаях, когда необходимо выполнение ответственных задач, например, обеспечить безопасность, надежность, доступность и масштабируемость. Корпорацией «Microsoft» было усовершенствовано и расширено семейство серверных операционных систем «Windows» с тем, чтобы показать преимущество технологий «Microsoft .NET», которые были разработаны для того, чтобы связывать людей, системы, устройства и процессы обмена данными между собой. Производительностью «Windows Server 2003» эффективным образом обеспечиваются контакты между преподавателями и студентами, процессом передачи данных за счет усовершенствования средств по совместной работе и повышению производительности труда.

Целесообразным является решение оставления существующих на сервере операционных систем, потому что ими эффективно выполняются поставленные перед ними задачи. Таким образом, на файловом сервере устанавливается операционная система «Novell NetWare», на сервере базы данных остается установленной операционная система от Microsoft «Windows Server2003».

Также необходимо предусмотреть наличие программ по резервному копированию данных. Такие программы необходимы во избежание потерь данных и их случайных удалений. С этой целью производят регулярное резервирование данных. Проблема потерь информации чаще всего возникает у оператора. Для работы сервера в локальной вычислительной сети обязательно нужно хранить копии логических дисков, где установлена сетевая операционная система. В случае сбоев или отказов в работе данные мероприятия помогут восстановить работу локальной вычислительной сети в возможно короткие сроки.

Критериями, по которым происходит отбор программы резервного копирования данных, являются следующие показатели:

8. Возможности работать в локальной вычислительной сети;
9. Обладание высокими скоростями сжатия;
10. Очищение архивов от мусора (ненужной, неактуальной информации);
11. Возможности создавать шаблоны (стандартный набор резервируемых файлов).

Такой программой, например, является программа GRBackPro.

Системы передачи данных включают в себя сетевые технологии «Fast Ethernet» будет обеспечено высокое быстродействие сети. Оптимальная сетевая технология – 100Base-TX благодаря высокой пропускной способности, дешевизне и простоте построения.

Выбор архитектуры построения сети обоснован особенностями виртуальной образовательной среды. На основе технического задания, требуется обеспечение работы с базами данных, системами внутренней документации и т.д. Работа приложений такого типа происходит в режиме «клиент-сервер» (имеются стороны, запрашивающие функции по обслуживанию, – рабочие станции, и сервер – сторона, которая предоставляет функции обслуживания). По структуре сеть будет являться распределенной иерархической.

Инфраструктура центров обработки данных (ЦОД) должна удовлетворять нескольким ключевым требованиям: доступность, производительность, готовность к изменениям, высокая надежность и управляемость. Один из базовых принципов выбора архитектуры и компонентов DATA-центра — модульный дизайн, позволяющий более эффективно осуществлять масштабирование и существенно экономить на объекте, который планируется на долгие годы, но постоянно развивается, мигрируя к новым технологиям.

Инфраструктура центров обработки данных включает в себя все перечисленное выше оборудование, необходимое для нормальной работы виртуальной открытой образовательной среды.

Таким образом, современные IT-технологии делают образование более открытым и доступным, что имеет для качества образования невероятно большое значение.

Литература

1. Агапова, О. В. Непрерывное образование в политическом и экономическом контекстах [Текст] : монография / О. В. Агапова ; отв. ред. Г. А. Ключарев. – М. : Ин-т социологии РАН, 2008. – 400 с.
2. Агапонов, С. В. Выбор платформы для дистанционного обучения: проблемы и решения [Текст] / С. В. Агапонов // Телекоммуникации и информатизация образования. – 2005. – № 1. – С. 48-55.
3. Андреев, А. А. Дидактические основы дистанционного обучения [Электронный ресурс] / А. А. Андреев : дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Моск. гос. ун-т эконом., ста-ки и инф-ки. – М.: РАО, 1999. – Режим доступа : <http://www.iet.mesi.ru/br/ogl-b.htm>. - 05.09.2014.
4. Беспалько, В. П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия) [Текст] / В. П. Беспалько. – М. : Издательство - Московский психолого-социальный институт; НПО МОДЭК, 2002. – 352 с.
5. Вайндорф-Сысоева, М. Е. Система информационно-педагогической поддержки средствами виртуальной образовательной среды учреждений профессионального образования [Текст] / М. Е. Вайндорф-Сысоева // Вестник МГОУ: серия «Психологические науки». – 2009. – № 2. – С. 202-215.
6. Горный, Е. Развитие электронных библиотек: мировой и российский опыт, проблемы, перспективы [Текст] / Е. Горный, К. Вигурский // Internet и российское общество. – 2002. – С. 158-188.
7. Изотов, М. И. Организация учебного процесса и учебного материала для дистанционной формы образования [Текст] / М. И. Изотов // Концептуальные подходы. – М., 1998. – 30 с.
8. Уваров, А. Ю. Открытая учебная архитектура [Электронный ресурс] / А. Ю. Уваров // Internet-журнал "Эйдос". – 1999. – 30 92 марта. –Режим доступа : <http://www.eidos.ru/journal/1999/0330-08.htm>. - 5.09.2014.
9. Basque J., Rocheleau J., Bibeau R. (1996). «Comment faire d' une école secondaire actuelle une école informatisée?», La technologie éducative en réseau: réseaux technologiques, reseaux humains. Sainte-Foy: CIPTE, Télé-université, pp. 229-441.
10. Klaslley, A. The decades of computer-based instruction project: What have we learned [Текст] / A. Klaslley, B. Hunter, R. Seidel // Technological horizons in educational journal. – 1983. – № 5. – P. 88 96.
11. Mkrttchian, V.S., Boiko, I.; Design of Indicator of Sliding Mode. American Control Conference, New York, 2007, 4536 - 4539p.
12. Mkrttchian, V.S. (1999). Extension Theory of Sliding Mode Control for Nonlinear Systems. Preprints of International Conference Nonlinear Sciences on the Border of Millenniums. IFMO Press, Saint-Petersburg, 70-73.

Марценюк М.А.¹, Селетков И.П.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, доктор ф.-м. наук., профессор, заведующий кафедры Компьютерных систем и телекоммуникаций, mrcn@psu.ru

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, г.Пермь, аспирант физического факультета, iseletkov@gmail.com

Модель нечеткого автомата для оценки успеваемости студента

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Нечеткая логика, нечеткий автомат, бально-рейтинговая система, рейтинг студента.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена модель нечеткого автомата в терминах матричного аппарата. Показано, что нечеткий автомат, обладающий конечной памятью, может быть сведен к нечеткой комбинационной схеме с явно выделенным блоком памяти. В качестве примера рассмотрена задача оценки общей успеваемости студента по набору последовательных оценок. Показано, что такая модель обладает простотой реализации и повышенным быстродействием по сравнению с классическими моделями нечетких автоматов.

Введение

Введенное Заде в 1965г. [1] понятие «нечеткого множества» позволило построить аппарат нечеткой логики и использовать его для приложений, где знания человека-эксперта плохо формализуются [2, 3]. В дальнейшем получили распространение «нечеткие автоматы с памятью» [4,5,6]. В настоящее время теория нечетких автоматов активно развивается, для них построено несколько видов моделей, которые отличаются от традиционных (четких) автоматов наличием нечетких состояний и нечетких переходов между состояниями [4,5,6]. Однако, при конкретной реализации таких автоматов встречаются некоторые трудности, которые препятствуют их широкому распространению. Дело в том, что «память» автомата задается неявно с помощью введения «состояний» автомата и переходов между ними. Поэтому при решении задач трудно сделать оптимальный выбор числа состояний, как это обсуждается в работах [7,8,9] (для четких автоматов) и [10,11] (для нечетких автоматов). Другими словами, обращение к концепции состояний автомата усложняет анализ предметной области и процедуру расчета выходного сигнала на каждом шаге работы автомата.

Цель данной работы состоит в том, чтобы показать на конкретном практическом примере простоту и эффективность реализации нечеткого автомата с помощью нечеткой комбинационной схемы (НКС) с добавленным к ней блоком памяти (БП), при сохранении функциональности автомата, но без обращения к понятию «состояния». Далее подразумевается, что НКС, реализующая автомат, всегда содержит выделенный БП: (НКС:=НКС+БП).

Содержание работы следующее. В разделе 2 в общем виде описывается схема работы нечеткого автомата. Показано, что переход к НКС возможен только для НА с конечной памятью.

В разделе 3 обсуждается применимость метода в рассмотренной предметной области и даются общие выводы.

Представление «четкого» автомата в виде комбинационной схемы

Как известно, логические («четкие») автоматы с памятью (см., например, [7,9]) описываются набором величин $\{x, y, s, F, G\}$, где x - набор векторов входных значений, y - набор векторов выходных сигналов, s - набор состояний автомата, а F и G функция переходов и функция выходов соответственно: $s_{k+1} = F(s_k, x_k)$, $y_k = G(s_k, x_k)$. Для конечных автоматов каждый из наборов векторов x и y , а также набор состояний s , являются конечными.

Понятие «четкого» автомата с конечной памятью, было введено в работе Брауэра [7]. Работа такого автомата оказывается эквивалентной отображению вида

$$y_k = h(x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-p}, y_{k-1}, y_{k-2}, \dots, y_{k-q}), \quad (1)$$

где $x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-p}$ - значения векторов входной переменной в дискретные моменты времени $t_k > t_{k-1} > \dots > t_{k-p}$; $y_{k-1}, y_{k-2}, \dots, y_{k-q}$ - значения векторов выходной переменной в дискретные моменты времени $t_{k-1} > t_{k-2} > \dots > t_{k-q}$; p и q - конечные положительные целые числа, $q < p$. Легко видеть, что отображение (1) для конечного автомата может быть реализовано с помощью комбинационной схемы (КС) с блоком памяти (БП). При этом, в текущий момент времени t_k в памяти хранится совокупность аргументов отображения (1) $x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-p}, y_{k-1}, y_{k-2}, \dots, y_{k-q}$, а роль комбинационной схемы состоит в том, чтобы в зависимости от содержания памяти определить значение выходной переменной y_k в соответствии с (1). В некоторых случаях отображение (1) может иметь более простой вид:

$$y_k = h(x_k, x_{k-1}, \dots, x_{k-p}). \quad (2)$$

Это значит, что в памяти КС достаточно сохранять значения только входных переменных в текущий момент времени t_k и в предшествующие

моменты времени $t_{k-1} > t_{k-2} > \dots > t_{k-p}$. Далее, параметр p будем называть «глубиной» памяти входных переменных.

Для иллюстрации рассмотрим автомат «умный отец» (рис. 1.а), предложенный в книге Ю.Г. Карпова [9]. В зависимости от текущих оценок сына x , принимающих значения 2 или 5, автомат оценивает его успеваемость: $y0$ - «плохая», $y1$ - «удовлетворительная», $y2$ - «хорошая», $y3$ - «отличная». Представление этого автомата в виде комбинационной схемы с памятью получено в работе одного из авторов [8] (рис. 1.б).

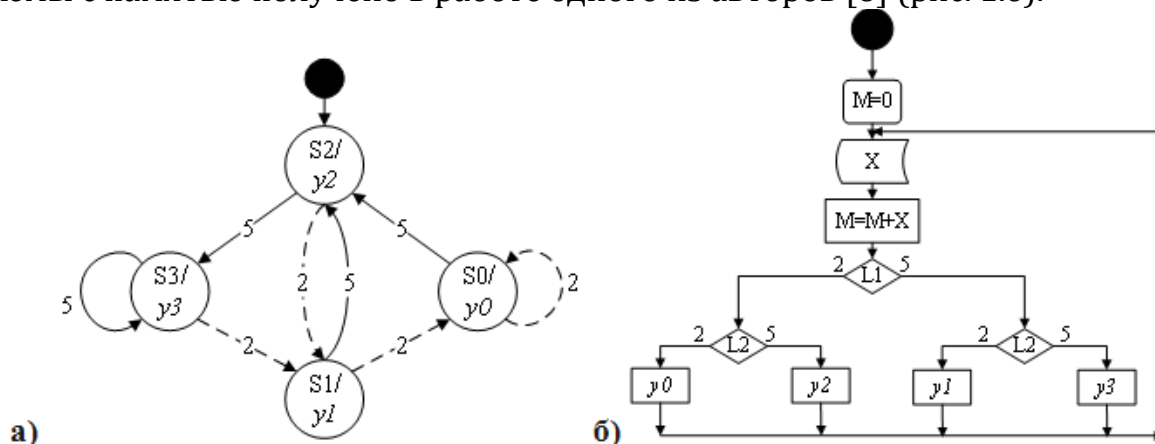


Рис.1. Представление автомата «умный отец» (а) в виде диаграммы переходов между состояниями и (б) в виде комбинационной схемы

Как можно убедиться путем непосредственной проверки, этот автомат осуществляет отображение вида (2) и может быть реализован в виде комбинационной схемы с дополнительным блоком памяти (рис.1.б). Действительно, оказывается, что в каком бы из состояний $S0, S1, S2, S3$ ни находился автомат, при заданной последовательности из двух входных переменных x_k, x_{k-1} автомат выдает одно и тоже значение выходной переменной y_k . Т.е., в данном случае реализуется отображение $y_k = h(x_k, x_{k-1})$, показанное в табл. 1:

Табл.1. Зависимость реакции автомата «умный отец» от последовательности входных сигналов x_{k-1}, x_k

x_{k-1}, x_k	Оценка успеваемости
2, 2	$y0$
5, 2	$y1$
2, 5	$y2$
5, 5	$y3$

Блок памяти M (рис. 1.б) хранит текущую последовательность из двух входных переменных x_k, x_{k-1} , взятых в последовательные моменты времени $t_k > t_{k-1}$. Содержание памяти M обновляется на каждом шаге по типу FIFO (first input, first output - первый вошел, первый вышел). В узлах L1, L2 комбинационной схемы анализируется содержание ячеек памяти M и на

основании этого устанавливается реакция отца (см. рис.1.б и табл.1).

Нечеткий автомат

Модель нечеткого автомата используется в тех случаях, когда

- предметная область описывается экспертом лингвистическими (словесными) правилами;
- трудно разработать достаточно простую математическую модель предметной области;
- необходима высокая гибкость в настройках системы управления;
- требуется расширить область значений входных параметров «четкого» автомата без введения дополнительных состояний и др.

Входные и выходные параметры нечеткого автомата (как и у четкого), задаются некоторыми «четкими» числами. Оценки сына x – набор дискретных чисел, лежащих в диапазоне $x \in A = [2, 5]$. Диапазон значений выходной переменной y примем $y \in B = [0, 3]$. Номера состояний определены в диапазоне $s \in \Theta[3]$. Введем лингвистические переменные. 1) Входную переменную $\alpha = \text{«Оценка сына»}$, принимающую значения $\alpha_0 = \text{«Оценка низкая»}$, $\alpha_1 = \text{«Оценка высокая»}$. 2) Выходную переменную $\beta = \text{«Реакция отца»}$, принимающую значения $\beta_0 = \text{«Ругать»}$, $\beta_1 = \text{«Успокаивать»}$, $\beta_2 = \text{«Надеяться»}$, $\beta_3 = \text{«Радоваться»}$. 3) Переменную состояний $\gamma = \text{«Уровень состояния»}$, со значениями $\gamma_0 = \text{«Состояние 0»}$, $\gamma_1 = \text{«Состояние 1»}$, $\gamma_2 = \text{«Состояние 2»}$, $\gamma_3 = \text{«Состояние 3»}$.

Работа нечеткого автомата задается с помощью набора правил, которые формулируются экспертом на языке «лингвистических» переменных, соответствующих входу $\alpha = \text{«Оценка сына»}$, выходу $\beta = \text{«Оценка успеваемости»}$, а также состояниям $\gamma = \text{«Уровень состояния»}$. Каждая лингвистическая переменная α , β и γ принимает ряд значений:

$\alpha_0 = \text{«Оценка низкая»}$, $\alpha_1 = \text{«Оценка высокая»}$,
 $\beta_0 = \text{«Успеваемость плохая»}$, $\beta_1 = \text{«Успеваемость удовлетворительная»}$,
 $\beta_2 = \text{«Успеваемость хорошая»}$, $\beta_3 = \text{«Успеваемость отличная»}$,
 $\gamma_0 = \text{«Состояние 0»}$, $\gamma_1 = \text{«Состояние 1»}$, $\gamma_2 = \text{«Состояние 2»}$,
 $\gamma_3 = \text{«Состояние 3»}$ соответственно.

Значения лингвистических переменных α_i , $i \in [0, 1]$, β_j , $j \in [0, 3]$, γ_k , $k \in [0, 3]$, количественно описываются нечеткими подмножествами «универсальных» множеств (универсумов) A (множество текущих оценок), B (множество оценок успеваемости) и C (множество состояний автомата) соответственно. Они задаются функциями принадлежности $\mu_{\alpha_i}(x)$, $\mu_{\beta_j}(y)$ и $\mu_{\gamma_k}(s)$ точек универсума нечетким подмножествам, где $x \in A$, $y \in B$, $s \in C$. Множества A , B , C задают соответственно области значений входного и

выходного параметров автомата x и y , а также область значений номера состояния s .

Алгоритм работы нечеткого автомата формулируется на языке лингвистических переменных следующим образом. Переходы между состояниями автомата и значение выходного сигнала условно можно записать в виде зависимостей между лингвистическими переменными

$$\gamma_m = \Gamma(\alpha_i, \gamma_n), \beta_j = B(\alpha_i, \gamma_n), \quad (3)$$

где аргументы γ_n и α_i представляют собой соответственно «состояние автомата» и «текущую оценку» в момент времени t , γ'_m и β_j – это «состояние автомата» и «оценка успеваемости» в последующий момент времени $t + \Delta t$. Зависимости Γ, B задаются правилами вида «Если текущее состояние автомата $\gamma = \gamma_2$ («Состояние 2») и текущая оценка сына $\alpha = \alpha_1$ («Оценка высокая»), то новое состояние автомата $\gamma' = \gamma_3$ («Состояние 3») и оценка успеваемости $\beta = \beta_3$ («Хорошая»). Все правила можно коротко сформулировать в виде таблицы переходов и выходов, табл. 2.

Табл.2. Таблица переходов и выходов нечеткого автомата «умный отец» в терминах лингвистических переменных

α	γ			
	γ_0	γ_1	γ_2	γ_3
α_0	γ'_0	γ'_0	γ'_1	γ'_1
α_1	γ'_2	γ'_2	γ'_3	γ'_3
β	β_0	β_1	β_2	β_3

Правила (4) могут быть кратко записаны также и с помощью логических операций следующим образом:

$$\alpha_i \wedge \gamma_n \rightarrow \sum_{all\ m} \varepsilon_{i,n,m} \gamma_m; \quad \alpha_i \wedge \gamma_n \rightarrow \sum_{all\ j} \delta_{i,n,j} \beta_j, \quad (4)$$

где введены обобщенные матрицы переходов $\varepsilon_{i,n,m}$ и выходов $\delta_{i,n,j}$ автомата, компоненты которых принимают значения равные 0 или 1 в соответствии с заданными конкретными правилами «если ..., то...».

В случае автомата Мура правила для выходного сигнала сводятся к следующему простому виду:

$$\gamma_n \rightarrow \sum_{all\ j} \delta_{n,j} \beta_j, \quad (5)$$

По табл. 2 сформируем матрицы переходов и выходов:

Табл.3. Матрица переходов $\varepsilon_{i,n,m}$ нечеткого автомата «умный отец»

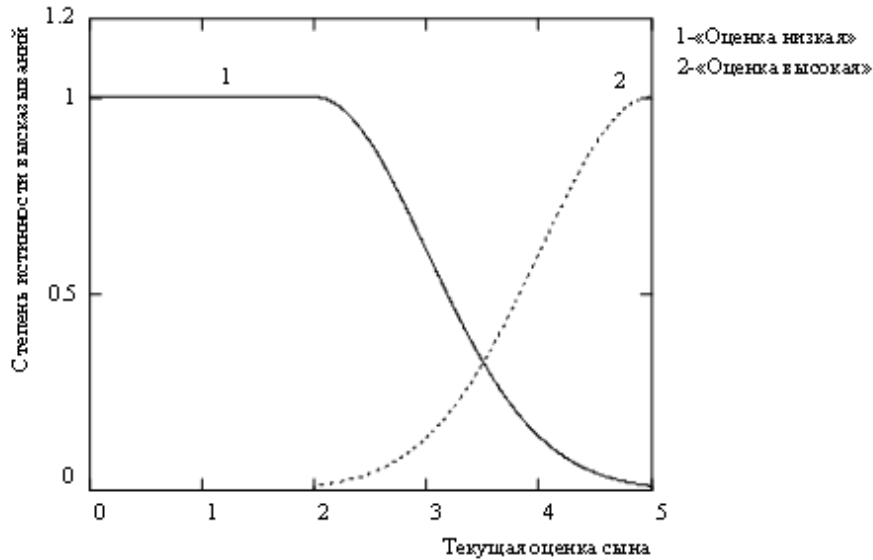
i, n	m			
	0	1	2	3
0, 0	1	0	0	0
0, 1	1	0	0	0
0, 2	0	1	0	0

0, 3	0	1	0	0
1, 0	0	0	1	0
1, 1	0	0	1	0
1, 2	0	0	0	1
1, 3	0	0	0	1

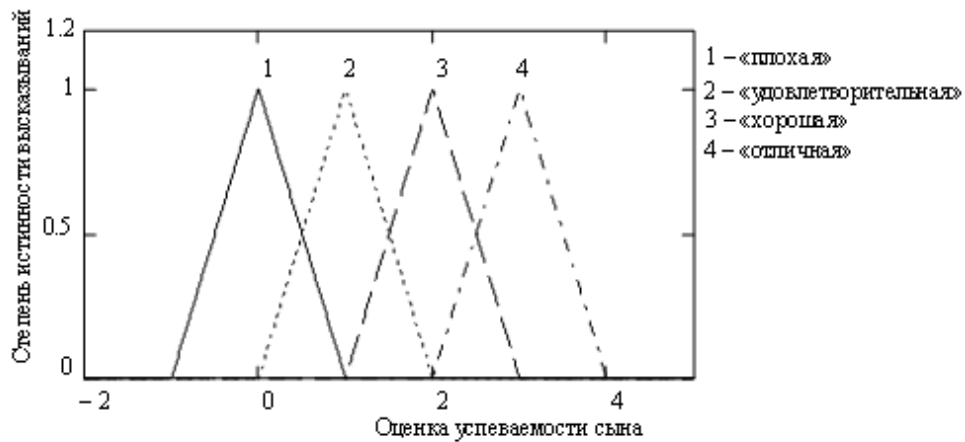
Табл.4. Тензор выходов $\delta_{n,j}$ нечеткого автомата «умный отец»

j	n			
	0	1	2	3
0	1	0	0	0
1	0	1	0	0
2	0	0	1	0
3	0	0	0	1

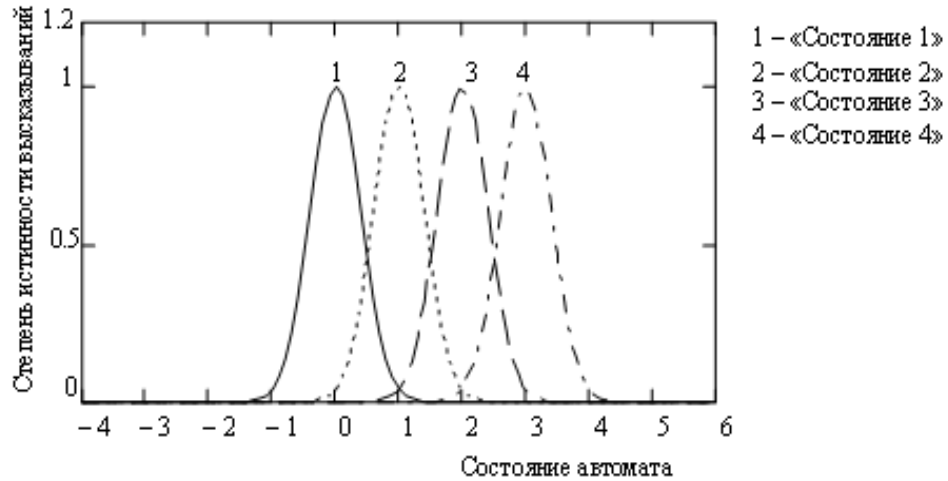
Количественное описание всех лингвистических переменных зададим функциями истинности $\mu_{a_i}(x)$, $\mu_{b_j}(y)$ и $\mu_{\gamma_k}(s)$, изображенными на рис. 2.



а)



б)



В)

Рис.2. Пример функций истинности для нечеткого автомата «умный отец» (а) – входного параметра, (б) – выходного параметра, и (в) – состояний

Численная реализация работы НА на основе правил (3-5) выглядит следующим образом. В текущий момент времени t считаются известными параметры x_t, s_t . Цель расчета – найти параметры $y_{t+\Delta t}, s_{t+\Delta t}$ на следующем шаге по времени.

Для вычисления $y_{t+\Delta t}, s_{t+\Delta t}$ воспользуемся известным алгоритмом Мамдани [2, 3, 12,13]. Строим вспомогательные функции $F(s), G(y)$, имеющие следующий вид:

$$\begin{aligned}
 F(s) &= \bigvee_{i,n,m} \varepsilon_{i,n,m} \{ \mu_{\alpha i}(x_t) \wedge \mu_{\gamma m}(s_t) \wedge \mu_{\gamma m}(s) \}, \\
 G(y) &= \bigvee_{i,n,j} \delta_{i,n,j} \{ \mu_{\alpha i}(x_t) \wedge \mu_{\gamma m}(s_t) \wedge \mu_{\beta j}(y) \}.
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Расчет четких значений осуществляется центроидным методом:

$$\bar{s} = \frac{\int_{all\ S} s F(s) ds}{\int_{all\ S} F(s) ds}; \quad \bar{y} = \frac{\int_{all\ y} y G(y) dy}{\int_{all\ y} G(y) dy}.
 \tag{7}$$

Полученные результаты мы отождествим со значениями параметров s, y в момент времени $t + \Delta t$:

$$s_{t+\Delta t} = \bar{s}; \quad y_{t+\Delta t} = \bar{y}.
 \tag{8}$$

В результате $y_{t+\Delta t}$ может принимать непрерывное значение. Чтобы получить дискретный номер оценки успеваемости студента, округлим значение $y_{t+\Delta t}$ до ближайшего целого числа:

$$y_{t+\Delta t} := round(y_{t+\Delta t}).
 \tag{9}$$

На этом завершается обработка очередной оценки, и автомат ожидает поступление на вход следующей оценки.

Результаты реализации нечеткого автомата «умный отец» приведены в конце раздела 2.3.

Как видно из построения функций истинности для входных параметров (пример на рис.2), нечеткий автомат, в отличие от «четкого»

- обладает большей гибкостью в настройке;
- позволяет без увеличения количества состояний и переходов расширить область определения, т.е. анализировать не только оценки 2 и 5, но также и 1, 3, 4, 4+, 4- и п.р. Либо оценки в баллах $[0, 100]$.

Построение нечеткой комбинационной схемы с блоком памяти

Как будет показано ниже, моделирование системы с помощью НКС позволяет упростить формулировку правил и уменьшить время обработки сигналов. Сформулируем процесс построения нечеткой комбинационной схемы эквивалентной заданному «четкому» автомату с конечной памятью, т.е. для которого справедлива формула (1). В отличие от автомата, память которого реализована неявно, комбинационная схема, описывающая его работу, для хранения данных имеет явно выделенный блок памяти M .

Алгоритм работы НКС определяется набором правил, сформулированных экспертом в терминах лингвистических переменных $\alpha = \text{«Оценка сына»}$ и $\beta = \text{«Оценка успеваемости»}$ (в отличие от НА для нечеткого описания работы НКС введение лингвистической переменной состояний не требуется). Они имеют значения $\alpha_0 = \text{«Оценка низкая»}$, $\alpha_1 = \text{«Оценка высокая»}$, $\beta_0 = \text{«Успеваемость плохая»}$, $\beta_1 = \text{«Успеваемость удовлетворительная»}$, $\beta_2 = \text{«Успеваемость хорошая»}$, $\beta_3 = \text{«Успеваемость отличная»}$, которые количественно описываются функциями $\mu_{\alpha_i}(x)$ и $\mu_{\beta_j}(y)$, (пример функций см на рис. 2.а, б). Входные и выходные параметры принимают значения из областей $x \in A$, $y \in B$. В момент времени t , на вход комбинационной схемы подается последовательность текущих оценок студента за некоторый промежуток времени $p\Delta t$. Оценка общей успеваемости описывается некоторой функцией

$$\beta_j = V(\alpha_{ip}, \dots, \alpha_{i1}, \alpha_{i0}), \quad (10)$$

где аргумент α_{ik} представляет собой значение лингвистической переменной «величина входного сигнала» в момент времени $t - k\Delta t, k \in [0, p]$. Зависимость V задается правилами вида «Если в момент времени $t - \Delta t$ оценка сына $\alpha_{i1} = \alpha_1$ («Оценка высокая»), и в момент времени t оценка сына $\alpha_{i0} = \alpha_1$ («Оценка высокая»), тогда общая успеваемость $\beta = \beta_3$ («Отличная»)). Т.е. $\beta_j = V(\alpha_{i1}, \alpha_{i0})$. Все правила удобнее сформулировать в виде таблицы (табл. 5).

Табл.5. Оценка общей успеваемости студента комбинационной схемой «умный отец» от последовательности текущих оценок в терминах лингвистических переменных.

α_{i1}, α_{i0}	β_j
α_0, α_0	β_0

α_1, α_0	β_1
α_0, α_1	β_2
α_1, α_1	β_3

В терминах логических операций правила формулируются следующим образом:

$$\alpha_{i1} \wedge \alpha_{i0} \rightarrow \sum_{all j} \delta_{i1,i0,j} \beta_j \quad (11)$$

Значения компонент матрицы выходного сигнала $\delta_{i1,i0,j}$ определяются заданными правилами «Если ..., то ...».

Табл.6. Матрица выходного сигнала $\delta_{i1,i0,j}$ нечеткой комбинационной схемы «умный отец»

α_{i1}, α_{i0}	β_j			
	β_0	β_1	β_2	β_3
α_0, α_0	1	0	0	0
α_0, α_1	0	0	1	0
α_1, α_0	0	1	0	0
α_1, α_1	0	0	0	1

Количественная реализация НКС сводится к нахождению параметра y_t по заданной последовательности значений входного параметра $x_{t-p\Delta t}, \dots, x_{t-\Delta t}, x_t$. Находим значения $\mu_{ai1}(x_{t-\Delta t}), \mu_{ai}(x_t)$, которые являются некоторыми числами из отрезка $[0, 1]$. Для вычисления y_t в соответствии с алгоритмом Мамдани [2] строим вспомогательную функцию $G(y)$, имеющую следующий вид:

$$G(y) = \bigvee_{i1,i0,j} \delta_{i1,i0,j} \{ \mu_{ai1}(x_{t-\Delta t}) \wedge \mu_{ai}(x_t) \wedge \mu_{\beta_j}(y) \} \quad (12)$$

Четкое значение общей оценки успеваемости студента находим центроидным методом:

$$\bar{y} = \frac{\int_{all y} y G(y) dy}{\int_{all y} G(y) dy} \quad (13)$$

которое мы отождествим со значениями параметра y в момент времени t :

$$y_t = \bar{y} \quad (14)$$

В результате y_t может принимать непрерывное значение. Чтобы получить дискретный номер оценки общей успеваемости, нужно округлить значение до ближайшего целого:

$$y_t := \text{round}(y_t) \quad (15)$$

На этом завершается обработка очередной текущей оценки студента, и НКС ожидает поступление на вход следующей.

Конкретные примеры случайной последовательности оценок студента и реакции НА и НКС «умный отец» приведены на рис. 3. а. и б. соответственно.

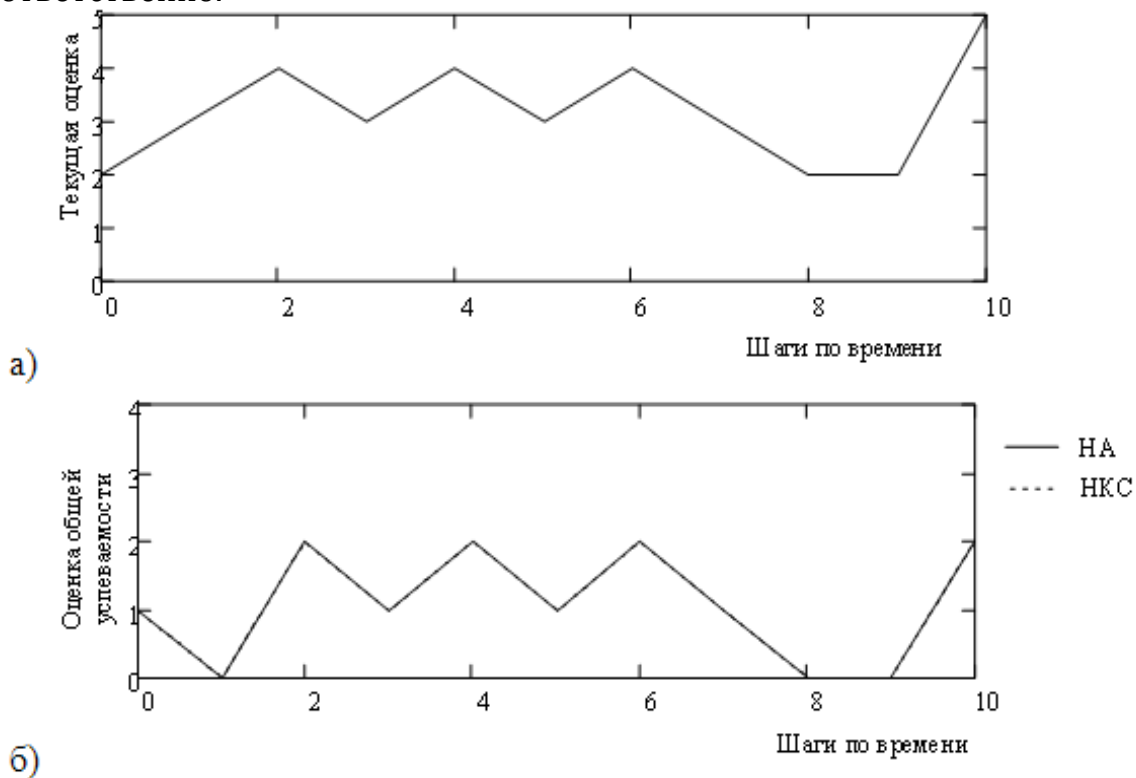


Рис.4. Последовательность случайных оценок сына (а), последовательность соответствующих реакций НА и НКС «умный отец» (б).

Все расчеты производились в терминах матричного аппарата, предложенного в [14, 15].

Из расчетов, результат которых приведен на рис. 4.б., видно, что выходные сигналы, сформированные нечетким автоматом и нечеткой комбинационной схемой, не отличаются друг от друга. С другой стороны, время, необходимое НА для формирования такой последовательности сигналов 72.42 с, а НКС – 2.01 с в одних и тех же программно-аппаратных условиях.

Из алгоритмов, приведенных в пунктах 2. и 3. видно, что НКС обладает следующими преимуществами перед НА:

1. От рекурсивной (и, потенциально, бесконечной) последовательности, которая неявно заложена во всех классических «четких» и нечетких автоматах, осуществляется переход к анализу конечной последовательности входных сигналов.
2. При этом мы избавляемся от необходимости выбора и описания состояний.
3. Проблема выбора количества состояний автомата теперь сводится к выбору глубины хранения в памяти КС и числа входных параметров x , что обеспечивает более гибкую и интуитивно понятную схему моделирования предметной области.

4. Для работы с нечеткими переменными в рамках представления НКС нечеткий логический вывод (например, алгоритм Мамдани [2,3,12,13]) нужно производить один раз, в то время как в НА расчет управляющего воздействия производится с помощью двукратного применения нечетких алгоритмов. Это существенно сокращает время вычисления результирующего сигнала.

Выводы

Показано, что задачу оценки общей успеваемости студентов можно решить как с помощью нечетких автоматов, так и нечетких комбинационных схем. Причем:

- нечеткие комбинационные схемы, также как и нечеткие автоматы, обладают гибкостью настройки, и более широкой областью допустимых значений входных параметров по сравнению с «четкими» автоматами;
- нечеткие комбинационные схемы с явно выделенным блоком памяти обладают большей простотой реализации, по сравнению с автоматами. Позволяют напрямую применять широко известные алгоритмы нечеткого логического вывода;
- нечеткие автоматы с «бесконечной» памятью могут быть сведены к эквивалентным с заданной точностью нечетким комбинационным схемам.
- быстродействие НКС оказывается на порядок выше, чем быстродействие НА.

В дальнейшем планируется реализовать подход в среде Moodle и на мобильных устройствах для удобства использования.

Литература

1. Zadeh L.A. Fuzzy Sets// Information and Control. –1965. – Vol.8. – P. 338-353.
2. Mohammadian M., Sarker R.A., Yao X. Computational intelligence in control. Idea Group Publishing, 2003. ISBN 1-59140-079-1.
3. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. Пер. с англ. – М.: Бином, 2009. – 798 с.
4. Santos E. Maximin automata. // Information and Control, vol. 13, pp. 363-377, 1968.
5. Belohlavek R., Krupka M. Approximate minimization of fuzzy automata. Palacky University, 2007.
6. Reyneri L.M. An Introduction to Fuzzy State Automata. // Biological and Artificial Computation: From Neuroscience to Technology. Lecture Notes in Computer Science Volume 1240, 1997, pp 273-283.
7. Брауэр В. Введение в теорию конечных автоматов: Пер. с нем. — М.: Радио и связь, 1987. — 392 с: ил.
8. Марценюк М. А. Операторно-логические схемы как средство изучения алгоритмов в учебных курсах по математике и информатике // Прикладная информатика, №5 (23). 2010. С 43-54.
9. Карпов Ю.Г. Теория автоматов – СПб.: Питер, 2003. – 208 с.: ил.
10. Lei H., Li Y.M. Minimization of states in automata theory based on finite lattice-ordered monoids. Inf. Sci. 177(6) 2007, PP.1413-1421.
11. Malik D.S., Mordeson J.N., Sen M.K. Minimization of fuzzy finite automata. Information Sciences 113(3-4). 1999, PP. 323-330.
12. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. н.э. Баумана, 2001. - 352 с., ил. (Сер. информатика. в техническом университете). ISBN 5-7038-1727-7

13. Mamdani, E. H. Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant. In Proc IEEE. 1974. PP. 121-159.
14. Марценюк М. А. Матричное представление нечеткой логики// Нечеткие системы и мягкие вычисления. Научный журнал Российской ассоциации нечетких систем и мягких вычислений. 2007. Т. 2, № 3. С. 7–35.
15. Марценюк М.А., Поляков В.Б., Селетков И.П. Матричная реализация алгоритмов нечёткого вывода. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. - 2012. - № 6 (162). - С. 133-141 - ISSN 1994-2354.

Чиркова Л.Н.¹, Богданов А.А.²

¹ ФГАОУ ВПО «САФУ им. М.В.Ломоносова», г. Архангельск, к.п.н, доцент кафедры экспериментальной математики и информатизации образования института математики, информационных и космических технологий, Incir@yandex.ru

² ФГАОУ ВПО «САФУ им. М.В.Ломоносова», г. Архангельск, старший преподаватель кафедры прикладной информатики, магистрант 1 курса
a2bogdanov@yandex.ru

Формирование и развитие профессиональных компетентностей личности в системе непрерывного ИТ-образования (на примере содержания образования по фрактальной геометрии)

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Компетентностный подход, ключевые и профессиональные компетенции, непрерывное ИТ-образование, содержание образования, фрактальная геометрия.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается модель непрерывного формирования ИКТ-компетентности личности, обеспечивающая поэтапный переход от пропедевтики до профессионализма на примере содержания образования по фрактальной геометрии.

Современный период общественного развития характеризуется все более усиливающим влиянием информационных технологий на все области человеческой деятельности. Глобальная информатизация общества, интенсивное развитие программирования позволяют по-новому взглянуть на многие явления окружающего мира, в том числе связанные с выдвиганием новых математических идей.

Использование современных информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) способствовали появлению и быстрому развитию новых направлений современной математики: например, фрактальной геометрии, фрактальной компьютерной графики с элементами художественного творчества и интеграцией с другими науками, что определяет актуальность изучения фракталов на *любом уровне* в системе *непрерывного* образования.

Идея непрерывности образования раскрывает современные подходы к целям и содержанию образования на всех его ступенях. Непрерывное образование понимается как связь, согласованность и перспективность целей, задач, содержания, методов, средств, форм обучения на каждой ступени образования для обеспечения преемственности в развитии личности.

Концепция непрерывного образования призвана выделить приоритеты в содержании образования на каждом из этапов возрастного развития с учетом современной социальной ситуации, определить условия реализации непрерывности образования, обозначить вклад каждой образовательной области в развитие личности, формирование у нее компетенций, необходимых для выполнения профессиональной деятельности в соответствующей предметной области.

Компетентностный подход положен в основу новых стандартов всех уровней образования - от дошкольного до вузовского. Компетентный в определенной области человек обладает соответствующими знаниями и способностями, позволяющими ему обоснованно судить об этой области и эффективно действовать в ней.

Компетенция рассматривается как цель образования; компетентность – как результат образования, как обобщенные способности личности. Сущность компетентностного подхода связана с формированием ключевых компетенций личности и анализируется в научно-теоретических и научно-методических работах Л.Ф. Ивановой, А.Г. Каспржака, О.Е. Лебедева, А.Н. Дахина, И.А.Зимней, И.Д.Фрумина, Г.А.Цукермана, А.В. Хуторского, Б.Д. Эльконина и др. [9].

А.В. Хуторской под компетенцией предлагает понимать наперед заданное требование к образовательной подготовке ученика. Компетентность – уже состоявшееся личностное качество (характеристика) ученика [9].

У выпускника общеобразовательной начальной школы должны быть сформированы универсальные учебные действия, определяющие способность личности учиться, познавать, сотрудничать в познании и преобразовании окружающего мира. Он должен научиться учиться.

Выпускник средней общеобразовательной школы должен обладать основными ключевыми компетентностями, позволяющими молодому человеку самостоятельно организовать свою деятельность и продолжить образование в профессиональных образовательных учреждениях.

К.Д. Ушинский писал: «...Каждая наука развивает человека, насколько хватает ее собственного содержания, и развивает именно этим содержанием, а не чем-нибудь другим. <...> Во всяком изучении главную цель должно составлять самое содержание, а не форма, в которой оно излагается...» [9].

В своем исследовании мы обратились к содержанию образования по фрактальной геометрии, так как она обладает широкими потенциальными возможностями для разработки необычных идей, нерешенных проблем современного мультимедиа-образования, для формирования *целого комплекса компетенций* (исследовательских, общекультурных, профессиональных), необходимых будущему специалисту.

В настоящее время элементы фрактальной геометрии получили широкое распространение во многих областях знаний и человеческой

деятельности. Фракталы нашли практическое применение в информатике, физике, геологии, метеорологии, биологии, географии, металлургии, медицине, психологии, философии, киноиндустрии, лингвистике, искусстве, экономике и других областях. Кроме того, широкое распространение получили фрактальные методы сжатия информации и фрактальные формы антенн при передаче информации [6]. Создаются специальные программы-редакторы работы с фракталами.

Теория фракталов возникла сравнительно недавно на стыке математики и информатики. Фрактальную геометрию описали в своих трудах Б. Мандельброт, Р.М. Кроновер, Е. Федер, С.В. Божохин, Д.А. Паршин и др. Методике преподавания фрактальной геометрии посвящены работы В.С. Секованова, В.А. Далингера, А.А. Кириллова, В.Н. Осташкова, Е.С. Смирновой и др.

Большинство современных ученых, занимающихся изучением фракталов, считает, что фрактальную геометрию целесообразно начинать в вузе. Например, В. С. Секованов использует обучение фрактальной геометрии студентов вуза в качестве средства интеграции математики и информатики. Ученый считает, что освоение студентом алгоритмов построения фракталов способствует формированию универсальных методов для создания различных математических моделей как в природе, так и в обществе, способствует повышению уровня мотивации к изучению математики, информатики, физики, обеспечивает развитие мировоззрения обучающихся, включение их в самостоятельный поиск по решению нестандартных задач, содействует развитию их креативности посредством формирования системы эстетических качеств, адекватных видам творческой математической деятельности. [6].

В своем исследовании Е.С. Смирнова рассматривает методику обучения элементам фрактальной геометрии как средства для развития исследовательских компетенций будущих бакалавров.

В своей работе В.А. Далингер раскрывает аспекты формирования у бакалавров направления подготовки «Педагогическое образование» профессионально-творческого уровня ИКТ-компетентности на примере исследовательских заданий фрактальной геометрии, связанных с удивительным миром, в котором царят математика, природа и искусство [3].

А.А. Бабкин рассматривает изучение элементов фрактальной геометрии в качестве средства интеграции знаний по математике и информатике в учебном процессе педколледжа.

В России имеется некоторый опыт изучения фрактальной геометрии в школе. Группа студентов студии «Геометрия-компьютер-геометрия» под руководством Р.Ф. Мамалыга и Е.В.Аблаева основным направлением деятельности выбрала исследование возможностей информационных технологий при изучении школьных дисциплин. Проанализировав содержание школьной геометрии, студийцы решили, что «необходимо

«новое дыхание»: новые средства, новые формы, новое содержание». Внимание студентов привлек один из современных разделов математики – фрактальная геометрия. Они решили, что фракталы могут быть успешно усвоены школьниками общеобразовательных школ, организовали кружок «Фракталенок» для 5-6 классов и подготовили учебное пособие («ФрактаЛ-ОГО!»). В процессе занятий школьники овладели знаниями, необходимыми для занятий по изучению элементов фрактальной геометрии, в том числе интерфейсом Лого и его основными командами. Деятельность обучаемых заключалась в анализе готовых изображений, содержащих фрактальные элементы, создавались и собственные иллюстрации, как на бумаге, так и в среде Лого.

Приобретению умения видеть подобные фигуры, вычленять и тиражировать их способствовало применение «оригами». Опыт занятия с группой пятиклассников по курсу «Элементы фрактальной теории в среде Лого» показал, что учащиеся могут изучать фрактальные структуры, строить их изображения и экспериментировать с ними. Учебным сопровождением стала книга «ФрактаЛ-ОГО!», написанная в форме сказки [1].

При составлении курса, авторы учитывали прикладную направленность фрактальной геометрии и ее практический потенциал, насыщая его содержание соответствующими примерами и заданиями.

В 6-7 классах школьники постигали ЛогоМиры, в 8-9 классах знакомилась с языком программирования Паскаль, фракталами, изготовлением паркета. По завершению занятий, учащимся предлагалось принять участие в проектной деятельности и в конкурсе рефератов по фрактальной тематике: «Киноиндустрия и фракталы», «Фракталы и геология», «Фракталы и живопись», «Музыка и фракталы». Апробация программы показала, что фрактальная геометрия поддается изучению школьниками и вызывает их живой интерес.

Опыт работы с учащимися 10-х классов общеобразовательных школ показал, что у них могут быть сформированы необходимые знания для усвоения элементов теории фракталов. Итогом обучения являлось развитие визуальной культуры и художественно-творческих способностей детей, формирование основ эстетического вкуса [11].

Таким образом, распространение ИКТ и вышеописанный положительный опыт позволяют судить о том, что в содержание школьного курса математики необходимо вводить такие интересные и, в то же время, важные разделы, как фрактальная геометрия. Вместе с тем, следует отметить, что практически отсутствует специальная литература по этому разделу. Иностранские монографии рассчитаны, в основном, на студентов старших курсов и аспирантов.

Проанализировав программу начального образования, мы пришли к выводу, что элементы фрактальной геометрии природы можно начинать изучать уже в начальной школе, если будут определены критерии отбора

содержания учебного материала и задач с использованием фракталов с позиций личностно-ориентированного, деятельностного и компетентностного подходов на всех уровнях образования и обеспечен постепенный переход от учебной деятельности к исследовательской.

В качестве критериев отбора содержания обучения элементам фрактальной геометрии, выступают:

- интеграция знаний математики и информатики,
- творческий и исследовательский характер заданий,
- познавательные и эстетические мотивы деятельности.
- выбор средств и путей решения заданий,

Таким образом, можно перейти к *модели непрерывного формирования и развития ИКТ* и универсальных компетентностей на примере изучения фракталов на протяжении всего периода обучения: начальная школа - основная школа - средняя школа - профессиональная школа - вуз и определить основные этапы внедрения «фрактального компонента»:

- пропедевтический (ознакомительный) 1-4 класс;
- подготовительный (познавательный) 5-7 класс (кружок, факультатив);
- деятельностный 8-9 класс (создание простейших фракталов на основе языка программирования);
- учебно-исследовательский (10-11 класс);
- исследовательский (1 курс бакалавриата);
- проектный (2-4 курс бакалавриата);
- профессиональный (творческий) - магистратура, КПК.

Модель непрерывного формирования ИКТ-компетентности выпускника обеспечивает поэтапный переход от пропедевтики до профессионализма за счет последовательного решения многоэтапных математико-информационных заданий.

Пропедевтический этап для учеников начальной школы (1-4 классы) призван продемонстрировать красоту естественных природных фракталов и простоту построения геометрических фракталов. Мы предлагаем начать внедрять «фрактальный компонент» в содержание учебных предметов начальной школы. В классе можно разобрать задачи на визуальное выявление основного признака фрактала – самоподобия на разном масштабе естественных и искусственных фракталов.

В математике при изучении геометрических фигур показать, например, как из нескольких треугольников (квадратов, прямоугольников и др.), путем их множественного деления получить самоподобные фигуры и собрать из них всевозможные фигурки различных объектов природы, по аналогии с головоломкой Танграм. Это будет способствовать развитию математического мышления и креативности младших школьников.

На уроках информатики можно дать детям возможность самим собрать один или несколько рисунков Танграм и нарисовать в генераторе геометрических фракталов свой рисунок. На уроках технологии можно изготовить фрактальную снежинку.

Целесообразно познакомить младших школьников с фрактальными структурами на макро и микро уровнях. На макроуровне можно рассмотреть работы архитектора Сантьяго Калатравы (рис.2). На микроуровне познакомить с технологией заполнения внутренней структуры метаматериалов (рис.1).

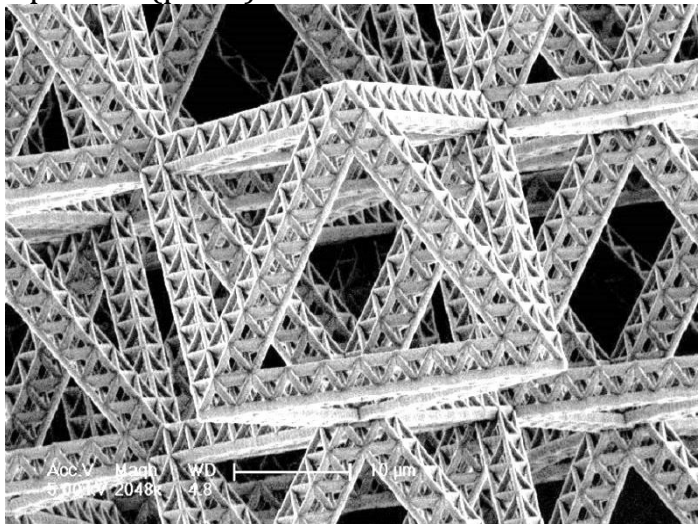


Рис. 1. Фрактальный метаматериал. Julia Greer. Caltech [7]

В содержание программы Окружающий мир можно включить знакомство с природными фракталами, например, с морозными узорами на стекле, цветами. На уроках изобразительного искусства показать метод изображения деревьев с помощью фрактальной структуры, использование фракталов в живописи, а на уроках музыки сопровождать музыкальные произведения фрактальными изображениями. Все это будет способствовать развитию творческого начала и эстетического отношения к окружающему миру.



Рис. 2. «Фрактальная» капуста

К моменту окончания начальной школы школьники будут сформированы универсальные учебные действия и они будут мотивированы на изучение фракталов в 5-7 классах.

На *подготовительном* (познавательном) этапе содержание учебных предметов основной школы дополнить примерами применения фракталов в природе и жизни человека. Ученикам 5-7 классов можно дать возможность самим управлять построением геометрических и алгебраических фракталов с помощью программных инструментов построения фрактальных структур. Например, геометрические фракталы строятся из элементарных повторяющихся элементов, которые можно задать рекурсивным набором правил или непосредственно набором отрезков.

В ботанике можно на примерах показать фрактальное строение цветов и деревьев. Предложить ученику смоделировать свое уникальное дерево путем модификации заранее определенного шаблона. Также можно объяснить золотое сечение и его связь с рядом Фибоначчи на примере закономерности расположения листьев на стебле растения, выявленной швейцарским биологом Шарлем Бонне.

В географии можно продемонстрировать свойство фрактальности береговой линии. Показать, как длина береговой линии зависит от масштаба карты. Интересным для детей будет рассмотрение простейших схем генерации рельефа, широко используемые в играх.

Демонстрация графических сцен из популярных игр (скриншотов) позволит заинтересовать увлеченных играми детей к последующему разбору методов генерации текстур различных поверхностей и рельефа местности.

Для развития интереса к изучению фракталов, а, следовательно, и к изучению математики, для школьников 5-7 классов можно продемонстрировать работы фрактальной живописи, фрактальной музыки и архитектуры. В качестве примера фракталов в архитектуре рекомендуется продолжить знакомство с работами испанского архитектора Сантьяго Калатравы. В частности, интересна фрактальная структура опор галереи L'Umbracle в городе искусств и наук в Валенсии (рис.3).



Рис. 3. Фрактальные опоры галереи. Валенсия

Используя межпредметные связи можно перенести интерес детей к

фрактальной геометрии с ранее рассмотренных дисциплин на информатику, в которой продемонстрировать различие подходов генерации геометрических фракталов, таких как определение фрактала через алгоритм или грамматику.

Для интересующихся школьников - организовать кружок или факультативные занятия «Фракталы вокруг нас», «Начала программирования простейших фрактальных фигур».

Деятельностный этап в изучении фракталов для учеников 8-9 классов реализуется посредством изучения алгоритмической генерации фракталов непосредственно средствами разработки программ. На этом этапе ученикам предлагается ряд математических моделей для генерации геометрических и алгебраических фракталов. Знакомство с фракталами Мандельброта и Джулиа необходимо сопроводить определением комплексного числа и арифметических действий на комплексной плоскости. Расширение понятия «числа» необходимо реализовать в интеграции с содержанием учебного предмета «Алгебра».

Ученикам 8-9 классов можно на примере фракталов объяснить категории детерминированности и стохастичности, то есть показать, как внесение некоторых случайных возмущений в структуру геометрического фрактала позволяет получить более естественные изображения деревьев, рельефа и текстур.

В 8-9 классах для построения более сложных фракталов предлагается ввести предпрофильный элективный курс по выбору «Основы программирования». Содержание курса можно организовать вокруг алгоритмизации различных моделей фракталов. К окончанию основной школы обучающиеся освоят основные понятия, такие как алгоритм, структурное программирование, рекурсивный алгоритм, растровые и векторные изображения, а также изучат примитивы для работы с двумерной графикой, необходимые для продолжения ИТ-образования в профильной школе.

Учебно-исследовательский этап изучения фрактальной геометрии, подготовка по программированию реализуется в 10-11 классах школы, осуществляется на элективных курсах по выбору, факультативных занятиях, зимних и летних школах или на постоянно действующих круглогодичных семинарах.

В профильном курсе информатики на примере расчета алгебраических фракталов можно объяснить понятие рефакторинга кода и оптимизации алгоритма. Расчет множества Мандельброта и Джулиа требует большого объема вычислений и неэффективность интуитивных алгоритмов негативно сказывается на времени расчета фрактала. Небольшие изменения структуры алгоритма могут привести к существенному ускорению работы программы в целом, что и требуется показать ученикам. Интересной для изучения темой является теория хаоса и ее тесная связь с фрактальными структурами. В курсе информатики

можно также показать процесс математического моделирования хаотических процессов на примере диаграммы раздвоения логистической карты, связь теории хаоса с моделированием эволюции в целом на примере эволюции клеточных автоматов. В качестве базовых моделей клеточных автоматов рекомендуется рассмотреть одномерные модели Стивена Вольфрама и двумерную модель Джона Конвея «Жизнь».

Более глубокое изучение фрактальных моделей необходимо сопровождать широким использованием алгоритмов моделирования временных процессов, моделированием эволюционных процессов. Введение в моделирование расширит картину мира учащихся и позволит поднять на более высокий уровень алгоритмические навыки. К окончанию школы у обучающихся будут сформированы ключевые компетенции, необходимые для продолжения образования в техникуме или вузе.

Исследовательский этап целесообразен на 1 курсе вуза. Исследование фрактальных структур продолжается в высшей школе с целью развития творческого мышления в рамках профессиональных дисциплин «Философия», «Компьютерная графика», «Архитектура», «Математическое моделирование», «Психология», «Физика», «Биология», «Экология», «Инженерное проектирование», «Основы дизайна» и др.

Необходимость большого объема вычислений при построении алгебраических фракталов требует использования аппаратных средств высокопроизводительных вычислений. Например, расчет фрактала можно реализовать на различных уровнях:

- на языке высокого уровня, что способствует приобретению компетенций разработки и кодирования эффективных вычислительных алгоритмов и структур данных;
- на языке ассемблера с использованием команд векторного сопроцессора, таких как SSE & AVX, что способствует изучению архитектуры микропроцессора;
- на языке Си для технологии CUDA, посредством существенного распараллеливания кода на тысячи ядер графического ускорителя (GPU), что способствует изучению сложной темы параллельного программирования в общем, и в том числе вычислительной архитектуры графического ускорителя;
- с использованием библиотек параллельных вычислений на суперкомпьютерных архитектурах, что способствует изучению параллельных вычислений на кластерных и многоядерных суперкомпьютерных архитектурах.

Интересным представляется рассмотрение философских категорий прогнозируемости будущего по Ньютону и свободы воли, детерминированности и хаоса, в рамках общего курса философии.

Проектный этап заключается в применении фракталов для реализации проектов профессиональной деятельности на 2-4 курсах вуза.

Например, студенты архитектурной специальности могут познакомиться с перспективным направлением развития - «Параметрическая архитектура».



Рис. 4. Колонны. Параметрическая архитектура. Майкл Хансмеер. Цюрих

На 2 - 4 курсе студенты, обучающиеся по направлению «Прикладная информатика в дизайне» в рамках дисциплины «Математические основы компьютерной графики» рассматривают фракталы с точки зрения теории хаоса, сами проектируют фракталы в программе Ultra Fractal.

Включение модуля «Фрактальная геометрия» в программы профессионального образования для подготовки инженеров-строителей, физиков, биологов, дизайнеров, педагогов, психологов, художников и других профессий позволяет существенно повысить качество подготовки кадров.

Профессиональный (творческий) этап целесообразен в магистратуре, где исследуются и проектируются абстрактные системы и добавление фрактальности позволит перейти на синергетический уровень исследования сложных искусственных, естественных и хаотических систем, в том числе в экологии, медицине, экономике для анализа социально-экономических процессов, обусловленных наличием самоорганизации рынков. [10]

Таким образом, модель непрерывного развития ИКТ-компетенций специалистов, позволяющая расширить содержание обучения по многим дисциплинам до современных границ научного познания, ядро которого лежит в области синергетики и фрактальной геометрии, построена на принципах научности, наглядности, самостоятельности, профессиональной направленности, дифференциации и индивидуализации обучения, и определяет целостность и непрерывность процесса подготовки специалистов к профессиональной деятельности.

Литература

1. Атфак М. ФрактаЛ-ОГО! Дидактическая сказка. Екатеринбург. Издательств-во, 2009. - 64с.
2. Бабкин А.А. Изучение элементов фрактальной геометрии как средство интеграции знаний

- по математике и информатике в учебном процессе педколледжа: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 Вологда, 2007- 201 с.
3. Далингер В. А. Компьютерные технологии в обучении геометрии // Информатика и образование. - №8. - 2002. - С. 71-77
 4. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: «Институт компьютерных исследований», 2002.
 5. Осташков, В.Н., Смирнов, Е.И. Формирование нелинейного мышления студентов посредством визуализации самоподобных множеств //Труды вторых Колмогоровских чтений. – Ярославль: изд-во ЯГПУ, 2004. – с. 173-189.
 6. Секованов В.С. Методическая система формирования креативности студентов университета в процессе обучения фрактальной геометрии. Костром. гос. ун.-т. Из-во КГУ, 2006. –279 с.
 7. Miniature Truss Work, Caltech Media Relations, 23 may 2014,
 8. <http://www.caltech.edu/content/miniature-truss-work>
 9. Чиркова Л.Н. Проектирование содержания образования: методика и практика. Сыктывкар:КРИРОИППК, 2010 100 с.
 10. <http://m-rush.ru/theory/item/173-fraktaly-v-ekonomike.html>
 11. <http://www.urfodu.ru/tj/tj/scientists/Mamaliga-Raisa/>

**СЕКЦИЯ 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ
УПРАВЛЕНИЯ**

Веремей Е.И.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, д.ф.-м.н.,
профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем,
e.veremey@spbu.ru

Спектральное представление оптимальных регуляторов в задачах среднеквадратичного синтеза

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Среднеквадратичный синтез, функционал, H-теория, объект управления, оптимизация, спектральный метод.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена специальная спектральная форма представления передаточных функций оптимальных решений для задач минимизации среднеквадратичных функционалов. Показана связь этого представления с современной трактовкой задач в рамках H-теории. Предлагаемая спектральная форма удобна для исследования динамических и структурных свойств оптимальных регуляторов и замкнутых ими систем. При этом основное достоинство подхода определяется существенным снижением вычислительных затрат на поиск оптимальных решений для SISO-систем, что особо значимо для ситуаций, когда такой поиск производится в режиме реального времени.

1. Введение

Одним из широко используемых подходов для решения практических задач по моделированию, исследованию и проектированию систем управления динамическими объектами служит теория среднеквадратичного оптимального синтеза. Она объединяет математические методы и алгоритмы поиска регуляторов, обеспечивающих максимальное подавление влияния внешних возмущений на желаемые движения замкнутых систем. История вопроса восходит к работам Н. Винера и А.Н. Колмогорова по линейной фильтрации с последующим развитием для систем с обратной связью.

В частности, широкую известность приобрели такие монографии, как [1, 2], где задача рассматривалась в частотной области на базе уравнений Винера-Хопфа. В более поздних работах (например, [3]) отражены исследования по оптимизации во временной области с использованием уравнений Риккати. В ряде публикаций дан анализ достоинств и недостатков частотного и временного подходов, указана их связь и выявлены сферы эффективного применения.

Особая роль принадлежит циклу исследований, представленному в

[3]. Его авторы предложили эффективный единый подход к решению задач синтеза, реализованный в виде ряда методов для конкретных частных ситуаций. В работе [4] были детально рассмотрены алгоритмы подхода, выявлены особенности оптимальных регуляторов, указаны пути устранения их недостатков. В развитие этого направления в статьях [5, 6] впервые была получена спектральная форма представления оптимальных регуляторов, упрощающая их анализ и синтез.

Следует отметить, что указанная форма вначале рассматривалась автором лишь как модификация расчётных алгоритмов синтеза, позволяющая существенно повысить вычислительную эффективность подхода. Однако её применение в исследованиях и в практических задачах, начиная со статьи [5], выявило существенную значимость спектрального представления как одного из весьма эффективных инструментов теории среднеквадратичного оптимизации.

Особая роль спектральной формы проявилась в связи с бурным развитием методов H -теории, поскольку оказалось, что задачи среднеквадратичного синтеза в современной трактовке можно ввести в рамки прикладной ветви теории оптимизации по нормам пространств Харди H_2 и H_∞ . Методы этой теории для задач управления широко представлены в ряде известных работ (например, [7 – 13]) и обеспечены весьма эффективной программной поддержкой, в частности – средствами популярной среды MATLAB.

Вопрос о возможности использования H -теории для решения задач среднеквадратичного синтеза в некоторых деталях рассматривался в работах [9], [12 – 16]. Однако было отмечено, что прямое применение универсального аппарата этой теории при этом сопряжено с рядом трудностей, определяемых вырожденностью стандартных среднеквадратичных задач. Вопросы вырожденности в рассматриваемом контексте широко обсуждались во многих работах: подробное обсуждение этой проблемы было проведено в обзоре [9].

Заметим, что трудности, связанные с проблемами приложения H -теории для решения SISO-задач среднеквадратичной оптимизации в полной мере не преодолены до сих пор. В связи с этим обстоятельством в данной статье проводится детальное обсуждение существа и особенностей использования методов H_2 и H_∞ оптимизации для среднеквадратичного синтеза на базе предлагаемого спектрального представления оптимальных решений.

Конечной целью работы служит развитие аналитического и, в особенности, вычислительного аппарата среднеквадратичного синтеза. Особо значимыми являются те возможности, которыми обладает предлагаемая спектральная форма для адаптивной реализации результатов среднеквадратичного синтеза в режиме реального времени. Это связано с существенной ограниченностью вычислительных ресурсов

встраиваемых систем, что определяет постоянное стремление к упрощению алгоритмов поиска оптимальных регуляторов, ведущему к уменьшению объёма используемой памяти и времени счета.

2. Постановка SISO-задач среднеквадратичного синтеза

В работе рассматриваются две центральные задачи синтеза регуляторов, связанные с линейной моделью динамического объекта управления

$$A(p)y = B(p)u + d(t), \quad p = d/dt, \quad (2.1)$$

где y , u и d – скалярные величины: y – контролируемая переменная, u – управление, $d(t)$ – возмущение; полиномы $A(p)$ и $B(p)$, а также $A(p)$ и $B(-p)$ являются взаимно простыми и имеют степени n и $m \leq n-1$ соответственно.

Наряду с уравнением (2.1) введём линейную модель регулятора

$$u = W(p)y, \quad (2.2)$$

где $W(p) = W_1(p)/W_2(p)$, W_1, W_2 – полиномы. Замкнутая SISO-система (2.1), (2.2) имеет скалярные вход d и выход y , связанные уравнением

$$[A(p) - B(p)W(p)]y = d. \quad (2.3)$$

Пусть возмущение $d(t)$ – это случайный эргодический стационарный процесс с заданной спектральной плотностью мощности

$$S_d(\omega)|_{\omega=-js} \equiv S_1(s)S_1(-s), \quad S_1(s) \equiv N(s)/T(s), \quad (2.4)$$

где $N(s)$ и $T(s)$ – гурвицевы полиномы.

В классической теории среднеквадратичного синтеза исследуется функционал

$$I = I(W) = \langle y^2 \rangle + k^2 \langle u^2 \rangle = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [y^2(t) + k^2 u^2(t)] dt, \quad (2.5)$$

который задан на движениях замкнутой системы (2.1), (2.2), $k = \text{const}$.

Если спектральная плотность $S_d(\omega)$ возмущения известна, то решается задача

$$I = I(W) \rightarrow \min_{W \in \Omega_s}$$

о поиске оптимального регулятора, доставляющего минимум функционалу (2.5) на множестве Ω_s стабилизирующих регуляторов (2.2). Если же конкретная функция $S_d(\omega)$ не задана в пределах совокупности

$$\mathfrak{R} = \left\{ S_d(\omega) : \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_d(\omega) d\omega \leq 1 \right\}, \quad (2.6)$$

то рассматривается задача

$$I_1 = I_1(W) = \max_{S_d \in \mathfrak{R}} I(S_d, W) \rightarrow \min_{W \in \Omega_s}$$

синтеза гарантирующего регулятора с учётом неопределенности возмущения. Покажем, что эти задачи сводятся к минимизации норм передаточных функций замкнутых систем в пространствах Харди H_2 и H_∞ соответственно.

Введём в рассмотрение множество RL дробно-рациональных функций $\rho(s)$, не имеющих полюсов на мнимой оси, определим произведение и норму

$$\langle \rho_1, \rho_2 \rangle = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \rho_1(-j\omega) \rho_2(j\omega) d\omega, \quad \|\rho\|_2 = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} |\rho(j\omega)|^2 d\omega}, \quad (2.7)$$

и образуем гильбертово пространство RL_2 строго правильных функций $\rho(s) \in RL$, которое можно представить в виде

$$RL_2 = RH_2 \oplus RH_2^\perp, \quad (2.8)$$

где слагаемое RH_2 содержит все функции $\rho(s)$ аналитические в правой полуплоскости, а его ортогональное дополнение RH_2^\perp – в левой. Будем также рассматривать пространство RL_∞ , состоящее из правильных рациональных дробей $\rho(s)$, не имеющих полюсов на мнимой оси, с нормой

$$\|\rho\|_\infty = \sup_{\text{Re } s \geq 0} |\rho(s)| = \sup_{\omega \in [0, \infty)} |\rho(j\omega)|. \quad (2.9)$$

Из RL_∞ выделим подпространство RH_∞ , с элементами аналитическими в правой полуплоскости, которое является полным для нормы (2.9), т.е. банаховым.

Для указанных пространств введём два функционала

$$J_2(W) = \|H(s, W)S_1\|_2^2, \quad \text{если } H(s, W) \in RH_2, \quad (2.10)$$

$$J_\infty(W) = \|H(s, W)\|_\infty^2, \quad \text{если } H(s, W) \in RH_\infty, \quad (2.11)$$

где $H(s, W)$ – обобщённая передаточная функция замкнутой системы:

$$H(s, W)H(-s, W) \equiv H_y(s, W)H_y(-s, W) + k^2 H_u(s, W)H_u(-s, W), \quad (2.12)$$

$$H_y(s, W) = 1/[A(s) - B(s)W(s)], \quad H_u(s, W) = W(s)/[A(s) - B(s)W(s)] \quad -$$

передаточные функции замкнутой системы по выходу и по управлению соответственно. Заметим, что из (2.4) следует, что если $H(s, W) \in RH_2$, то и $H(s, W)S_1(s) \in RH_2$.

Учитывая отмеченную выше цель управления, сформулируем две оптимизационные задачи по отношению к функционалам (2.10) и (2.11):

$$J_2(W) = \|H(W)S_1\|_2^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_2}, \quad \Omega_2 = \{W : H(W) \in RH_2\}; \quad (2.13)$$

$$J_\infty(W) = \|H(W)\|_\infty^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_\infty}, \quad \Omega_\infty = \{W : H(W) \in RH_\infty\}. \quad (2.14)$$

Нетрудно убедиться в том, что первая из них эквивалентна задаче об оптимальном регуляторе по отношению к функционалу (2.5). Действительно, по формуле Парсеваля этот функционал можно представить в виде

$$I(W) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} [|H_y(j\omega, W)|^2 + k^2 |H_u(j\omega, W)|^2] S_d(\omega) d\omega,$$

но согласно (2.12) имеем $|H_y(j\omega)|^2 + k^2 |H_u(j\omega)|^2 \equiv |H(j\omega)|^2$, а с учётом (2.4) и (2.7) справедливо равенство

$$I(W) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |H(j\omega, W)S_1(j\omega)|^2 d\omega = \|H(W)S_1\|_2^2 = J_2(W).$$

Соответственно, гарантирующий синтез сводится к задаче (2.14).

3. Параметризация допустимого множества регуляторов

Необходимо отметить, что непосредственное решение задач (2.13) и (2.14) затруднено нелинейной зависимостью функционалов от искомых функций W . Эта трудность снимается одним из вариантов параметризации, представленных в [3], [9], [10]. Следуя [3], введём варьируемые параметры $\Phi(s)$ формулой

$$\Phi(s) = \alpha(s)H_y(s) + \beta(s)H_u(s), \quad (3.1)$$

где $\alpha(s)$ и $\beta(s)$ – любые полиномы, для которых гурвицев полином

$$Q(s) = A(s)\beta(s) + B(s)\alpha(s). \quad (3.2)$$

Формулы (2.12) и (3.1) дают очевидную связь между функциями $\Phi(s)$ и $W(s)$ в (2.2), а также выражения для передаточных функций H_y и H_u :

$$W = L_\Phi(\Phi) = \frac{A\Phi - \alpha}{B\Phi + \beta}, \quad \Phi = L_\Phi^{-1}(W) = \frac{\alpha + \beta W}{A - BW}, \quad (3.3)$$

$$H_y = H_y(\Phi) = \frac{B\Phi + \beta}{Q}, \quad H_u = H_u(\Phi) = \frac{A\Phi - \alpha}{Q}. \quad (3.4)$$

Введем два множества функций-параметров $\Phi(s)$ с гурвицевыми знаменателями, определяемые формулами $\Omega_2^\Phi = L_\Phi^{-1}(\Omega_2)$, $\Omega_\infty^\Phi = L_\Phi^{-1}(\Omega_\infty)$. Тогда можно утверждать, что задачи (2.10) и (2.11) эквивалентны задачам

$$I_2 = I_2(\Phi) = J_2(L_\Phi(\Phi)) = \|H(\Phi)S_1\|_2^2 \rightarrow \min_{\Phi \in \Omega_2^\Phi}, \quad (3.5)$$

$$I_\infty = I_\infty(\Phi) = J_\infty(L_\Phi(\Phi)) = \|H(\Phi)\|_\infty^2 \rightarrow \min_{\Phi \in \Omega_\infty^\Phi}, \quad (3.6)$$

где функция H задается тождеством (черта «-» над функцией обозначает замену знака ее аргумента (« s » на « $-s$ »))

$$H(\Phi)\bar{H}(\Phi) \equiv H_y(\Phi)\bar{H}_y(\Phi) + k^2 H_u(\Phi)\bar{H}_u(\Phi). \quad (3.7)$$

Лемма 1. Тождество (3.7) может быть представлено в виде

$$H(\Phi)\bar{H}(\Phi) \equiv (T_1 - T_2\Phi)(\bar{T}_1 - \bar{T}_2\bar{\Phi}) + T_3, \quad (3.8)$$

где дробно-рациональные функции $T_1(s)$, $T_2(s)$ с гурвицевыми знаменателями и функция $T_3(s) \in RL$ определяются формулами

$$T_1 = (k^2\alpha\bar{A} - \beta\bar{B})/(GQ), \quad T_2 = \bar{G}/Q, \quad T_3 = k^2/(G\bar{G}), \quad (3.9)$$

а полином $G(s)$ является гурвицевым результатом факторизации

$$k^2 A\bar{A} + B\bar{B} \equiv G\bar{G}. \quad (3.10)$$

Данная лемма позволяет использовать для решения оптимизационных задач (3.5) и (3.6) известную идею о максимальном приближении к заданным моделям [7]. Справедливо следующее утверждение.

Теорема 1. Задача (3.5) обеспечения минимума взвешенной H_2 -нормы обобщённой передаточной функции $H = H(s, \Phi)$ эквивалентна задаче

$$E_2(\Phi) = \|(T_1 - T_2\Phi)S_1\|_2^2 \rightarrow \min_{\Phi \in \Omega_2^\Phi} \quad (3.11)$$

о наилучшем приближении к заданной модели T_1 в смысле той же нормы ошибки.

Для введения аналогичного утверждения для задачи (3.6) введем новое обозначение

$$I_g = \max_{\omega \in [0, \infty)} T_3(\omega) = \max_{\omega \in [0, \infty)} k^2 / |G(j\omega)|^2. \quad (3.12)$$

Определение 1. Будем говорить, что по отношению к задаче (3.6) имеет место *регулярная ситуация* [9], если для любых функций-параметров $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$ выполняется условие $I_\infty(\Phi) > I_g$. Если же найдутся функции $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$, для которых $I_\infty(\Phi) = I_g$, то ситуацию будем называть *вырожденной* (сингулярной).

Теорема 2. В регулярной ситуации задача (3.6) о минимуме нормы H_∞ обобщённой функции H сводится к поиску такого параметра $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$, чтобы взвешенная H_∞ -норма ошибки $E(\Phi) = \|(T_1 - T_2\Phi)P_1\|_\infty^2$ в задаче о максимальном приближении к заданной модели не превосходила единицы, т.е. $E(\Phi) \leq 1$.

Следствие 1. Нормы $I_a = \|G_0 S_1\|_2^2$ и $I_g = \|G_0\|_\infty^2$ рациональной функции $G_0(s) = k/G(s)$ являются нижними оценками для оптимальных значений функционалов в задачах (3.5), (3.6) и (2.13), (2.14) соответственно:

$$J_{20} = \min_{W \in \Omega_2} J_2(W) = I_{20} = \min_{\Phi \in \Omega_2^\Phi} I_2(\Phi) \geq I_a, \quad (3.13)$$

$$J_{\infty 0} = \min_{W \in \Omega_\infty} J_\infty(W) = I_{\infty 0} = \min_{\Phi \in \Omega_\infty^\Phi} I_\infty(\Phi) \geq I_g. \quad (3.14)$$

4. Передаточная функция H_2 -оптимального регулятора

В соответствии с теоремой 1, классическая задача среднеквадратичного синтеза сводится к задаче (3.11) о максимальном приближении к заданной модели в смысле достижения минимума H_2 -нормы ошибки приближения. Результат решения этой задачи одновременно даёт оптимальную функцию-параметр $\Phi_{02}(s)$ и по отношению к задаче (3.5), а применение формулы (3.3) позволяет, в свою очередь, найти оптимальное решение задачи (2.13), т.е. передаточную функцию $W_0 = L_\Phi(\Phi_{02})$ среднеквадратичного оптимального регулятора.

Теорема 3. На множестве Ω_2^Φ существует единственная функция-параметр

$$\Phi_{02} = [(k^2 \alpha \bar{A} - \beta \bar{B})S_1 - RQ]/(G\bar{G}S_1) \quad (4.1)$$

где

$$R(s) = \sum_{i=1}^n \frac{G(-s)}{g_i - s} \frac{B(-g_i)N(g_i)}{A(g_i)T(g_i)G'(-g_i)}, \quad (4.2)$$

которая даёт минимум $E(\Phi_{02}) = \|R/G\|_2^2$ ошибки приближения в задаче (3.11).

Формулы (4.1) и (4.2) позволяют непосредственно найти

передаточную функцию среднеквадратичного оптимального регулятора в задаче (2.13) и выявить её существенные спектральные особенности.

Теорема 4. Регулятор (2.2) с передаточной функцией

$$W_0(s) = \frac{[A(s)T(s)R(s) + B(-s)N(s)]/G(-s)}{[B(s)T(s)R(s) - k^2 A(-s)N(s)]/G(-s)} \quad (4.3)$$

является единственным решением задачи (2.13). Этот регулятор и замкнутая им оптимальная система обладают следующими спектральными свойствами:

1. Деление на полином $G(-s)$ в (4.3) осуществляется нацело (без остатка).
2. Характеристический полином замкнутой системы имеет вид

$$\Delta_0(s) = -N(s)G(s). \quad (4.4)$$

3. Минимум $J_{20} = \min_{W \in \Omega_2} J_2(W)$ функционала (2.10), а следовательно – и исходного функционала (2.5), превосходит свою нижнюю оценку I_a на величину

$$\Delta J_2 = \|R/G\|_2^2. \quad (4.5)$$

Теоремы 3 и 4 определяют алгоритм нахождения оптимального регулятора: вначале выполняется факторизация (3.10), затем по формуле (4.2) формируется полином $R(s)$ и, наконец, по формуле (4.3) после деления на полином $G(-s)$ определяется числитель и знаменатель искомой передаточной функции.

5. Спектральное представление гарантирующего регулятора

Как было отмечено выше, при решении задачи (2.14), сводящейся к (3.6), можно выделить две ситуации: регулярную и вырожденную. В вырожденном случае [9] решением является любой регулятор (2.2), для которого

$$\max_{\omega \in (0, \infty)} |H(W, j\omega)|^2 = |H(W, j\omega_0)|^2 = I_g, \text{ где } \omega_0 = \arg \max_{\omega \in (0, \infty)} k^2 / |G(j\omega)|^2. \quad (4.6)$$

Заметим, что условия (4.6) предоставляют свободу выбора, которую можно использовать для обеспечения каких-либо дополнительных требований к свойствам системы, сужающих множество стабилизирующих регуляторов.

В регулярной ситуации условия (4.6) не могут быть выполнены, поэтому поиск оптимального решения базируется на теореме 2, позволяющей свести задачу (3.6) к задаче о максимальном приближении замкнутой системы к заданной модели. Для её решения приведем следующие утверждения.

Лемма 2. Задача о поиске параметра $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$ удовлетворяющего условию

$$E(\Phi) = \|(T_1 - T_2\Phi)P_1\|_\infty^2 \leq 1, \text{ где } P_1(s) \equiv G(s)/R_\gamma(s), \quad (5.1)$$

имеет решение для таких и только для таких величин $\gamma^2 > I_g$, для которых положительно полуопределена эрмитова матрица

$$L(\gamma) = \{l_{ij}(\gamma)\}, \quad l_{ij} = \frac{1 - d_i \bar{d}_j}{g_i + \bar{g}_j}, \quad d_i = -\frac{B(-g_i)}{A(g_i)R_\gamma(g_i)}, \quad i, j = \overline{1, n}, \quad (5.2)$$

где гурвицев полином $R_\gamma(s)$ определяется факторизацией

$$R_\gamma(s)R_\gamma(-s) \equiv \gamma^2 G(s)G(-s) - k^2. \quad (5.3)$$

Теорема 5. Пусть для интерполяционной задачи Неванлинны-Пика $\|D(s)\|_\infty \leq 1$, $g_i, d_i^* = D_0(g_i) = -B(-g_i)/[A(g_i)R_{\gamma_0}(g_i)]$, $i = \overline{1, n}$, (5.4)

известно решение $D_0(s) \in RH_\infty$, соответствующее минимальной величине $\gamma^2 = \gamma_0^2 > I_g$, для которой выполняется условие $L(\gamma) \geq 0$. Тогда для указанного решения $D_0(s)$ на множестве Ω_∞^Φ найдётся единственный параметр

$$\Phi_{0_\infty} = (k^2 \alpha \bar{A} - \beta \bar{B} - D_0 Q R_{\gamma_0}) / G \bar{G} \in \Omega_\infty^\Phi, \quad (5.5)$$

для которого выполняется неравенство $E(\Phi_{0_\infty}) = \|(T_1 - T_2\Phi_{0_\infty})P_1\|_\infty^2 \leq 1$.

Как следует из теоремы 2, функция-параметр $\Phi_{0_\infty}(s)$ (5.5) является решением задачи (3.6). Это позволяет легко найти передаточную функцию гарантирующего оптимального регулятора в задаче (2.14) и указать существенные спектральные особенности замкнутой им системы, что определяется следующим утверждением.

Теорема 6. Решением задачи (2.14) в регулярном случае для функционала (2.5) с учётом (2.6) является регулятор (2.2) с передаточной функцией

$$W_{0_\infty}(s) = \frac{W_{\infty 1}(s)}{W_{\infty 2}(s)} = \frac{[A(s)m_1(s)R_{\gamma_0}(s) + B(-s)m_2(s)]/G(-s)}{[B(s)m_1(s)R_{\gamma_0}(s) - k^2 A(-s)m_2(s)]/G(-s)}, \quad (5.6)$$

где m_1, m_2 – числитель и знаменатель решения $D_0(s)$ задачи Неванлинны-Пика (5.4). При этом замкнутая система имеет следующие особенности:

1. Деление на полином $G(-s)$ в (5.6) осуществляется нацело (без

остатка).

2. Характеристический полином $\Delta_{0\infty}$ замкнутой системы имеет вид

$$\Delta_{0\infty}(s) = -m_2(s)G(s). \quad (5.7)$$

3. Обобщённая передаточная функция $H_{0\infty}$ оптимальной замкнутой системы является равномерно-пропускающей (all-pass), причём справедливо тождество

$$|H_{0\infty}(j\omega)|^2 \equiv \gamma_0^2. \quad (5.8)$$

На основании теорем 5 и 6 можно предложить схему поиска оптимального гарантирующего регулятора. Вначале выполняется факторизация (3.10), затем по формуле (3.12) определяется величина I_g и по формулам (5.2), (5.3) и (5.4) находится минимальное число $\gamma^2 = \gamma_0^2 > I_g$, удовлетворяющее условию $L(\gamma) \geq 0$. Далее находится решение $D_0(s) \equiv m_1(s)/m_2(s)$ задачи (5.4) Неванлины-Пика при условии $\gamma = \gamma_0$. И, наконец, по формуле (5.6) строится искомая функция $W_{0\infty}(s)$.

6. Примеры синтеза на базе спектральных представлений

Рассмотрим математическую модель (2.1) объекта управления с заданными полиномами $A(s) = s^4 + 1.06s^3 + 0.415s^2 + 0.0709s + 0.00446$, $B(s) = s - 1$, а также функционал (2.5) с весовым множителем $k = 1$.

В результате выполнения факторизации (3.10) получаем полином

$$G(-s) = s^4 - 2.82s^3 + 3.82s^2 - 2.94s + 1.00,$$

имеющий корни $g_{1,2} = 0.493 \pm 0.941j$, $g_{3,4} = 0.915 \pm 0.220j$. Для этих корней по формуле (4.2) находим полином $R(s) = -2.64s^3 + 7.48s^2 - 9.94s + 6.94$ для заданной спектральной плотности (2.4) с полиномами $N(s) = s^3 + 3s^2 + s + 0.1$, $T(s) = s + 1$. Тогда формула (4.3) приводит к передаточной функции оптимального регулятора

$$W_0(s) = \frac{2.64s^4 + 5.39s^3 + 3.50s^2 + 0.824s + 0.0691}{s^3 + 4.76s^2 + 10.5s + 6.94}.$$

Теперь построим гарантирующее решение. В соответствии с формулой (3.12) определяем значение $I_g = 1$, а на основании формул (5.2), (5.3) и (5.4) находим минимальное число $\gamma^2 = \gamma_0^2 = 6.385$, удовлетворяющее условию $L(\gamma) \geq 0$. Этому числу соответствует полином

$$R_{\gamma_0}(s) = 2.53s^4 + 7.00s^3 + 9.35s^2 + 7.05s + 2.32$$

и решение $D_0(s) \equiv m_1(s)/m_2(s)$ задачи Неванлины-Пика, где

$$m_1(s) = -0.978s^3 + 2.12s^2 - 2.14s + 1.06, \quad m_2(s) = 0.978s^3 + 2.12s^2 + 2.14s + 1.06.$$

В соответствии с формулой (5.6) получаем искомую функцию $W_{0\infty}(s)$:

$$W_{0\infty}(s) = \frac{2.47s^7 + 11.1s^6 + 24.0s^5 + 32.5s^4 + 29.0s^3 + 17.0s^2 + 6.11s + 1.05}{2.47s^4 + 6.96s^3 + 9.44s^2 + 7.27s + 2.47},$$

которая обеспечивает минимальное значение $J_{\infty 0} = \gamma_0^2 = 6.385$ функционала (2.11).

7. Практическая применимость спектрального подхода

Приведенные формулы (4.3) и (5.6) для рассматриваемых оптимальных регуляторов позволяют выявить наличие ряда их существенных недостатков, характерных для теории среднеквадратичного синтеза:

- в общем случае передаточная функция не является правильной дробью;
- возможна неустойчивость регулятора, как динамического объекта;
- радиус шара робастной устойчивости в пространстве параметров объекта в общем случае является нулевым.

Указанные недостатки, которые подробно обсуждались в работах [4, 6, 9], существенно затрудняют практическую реализацию регуляторов, полученных непосредственным применением предлагаемого подхода. Однако существует простой путь преодоления отмеченной трудности в рамках среднеквадратичной теории, идея которого была детально обоснована в статье [14]. Существо соответствующего метода состоит в искусственной деформации спектральной плотности заданного или наихудшего возмущения путем введения нормирующего множителя, определяемого исходными данными задачи.

Естественно, это путь вполне применим и в рамках рассмотренного выше подхода на базе H -теории. Технические подробности методики обеспечения практической реализуемости и варианты соответствующей программной поддержки в среде MATLAB приведены в работах [15] и [16].

8. Заключение

В статье дано обобщение исследований автора, связанных со спектральной формой представления передаточных функций среднеквадратичных оптимальных и гарантирующих регуляторов. Предложен вывод указанной формы на базе методов теории оптимизации по нормам пространств Харди H_2 и H_∞ . Указаны особенности подхода и исследованы спектральные свойства определяемых им решений. Приведен пример выполнения численных расчетов с использованием разработанного спектрального представления.

Теоретическая значимость работы состоит в выявлении

аналитической связи предложенной спектральной формы с идеями и методами теории H -оптимизации. Применение этой формы для представления оптимальных и гарантирующих решений в SISO-системах существенно упрощает исследование их свойств по сравнению с другими способами синтеза.

Практическая направленность подхода определяется указанием пути для существенного сокращения вычислительных затрат по сравнению с «2-Риккати» или LMI методами для построения передаточных функций SISO-регуляторов. Это, в частности, весьма значимо для их адаптивной перенастройки в рамках различных встраиваемых систем с ограниченными вычислительными ресурсами.

9. Приложение

Доказательство леммы 1. Непосредственно из (3.7) и (3.4) имеем

$$\begin{aligned} H(s, \Phi)H(-s, \Phi) &\equiv H_y(s, \Phi)H_y(-s, \Phi) + k^2 H_u(s, \Phi)H_u(-s, \Phi) \equiv \\ &\equiv [(k^2 A\bar{A} + B\bar{B})\Phi\bar{\Phi} + (\beta\bar{B} - k^2\alpha\bar{A})\bar{\Phi} + (\bar{\beta}B - k^2\alpha\bar{A})\Phi + k^2\alpha\bar{\alpha} + \beta\bar{\beta}]/(Q\bar{Q}), \end{aligned}$$

что в сопоставлении с правой частью (3.8) приводит к тождествам

$$T_1\bar{T}_1 + T_3 \equiv \frac{k^2\alpha\bar{\alpha} + \beta\bar{\beta}}{Q\bar{Q}}, \quad T_2\bar{T}_2 \equiv \frac{k^2 A\bar{A} + B\bar{B}}{Q\bar{Q}}, \quad -T_2\bar{T}_1 \equiv \frac{\bar{\beta}B - k^2\alpha\bar{A}}{Q\bar{Q}}. \quad (\text{П.1})$$

Третье тождество из формул (П.1) дает $T_1 = (k^2\alpha\bar{A} - \beta\bar{B})/(Q\bar{G})$, а после подстановки T_2 и T_1 в первое равенство (П.1) с учётом (3.2), получим

$$T_3 \equiv \frac{k^2\alpha\bar{\alpha} + \beta\bar{\beta}}{Q\bar{Q}} - T_1\bar{T}_1 = \frac{k^2 A\beta(\bar{A}\bar{\beta} + \bar{B}\bar{\alpha}) + k^2 B\alpha(\bar{A}\bar{\beta} + \bar{B}\bar{\alpha})}{Q\bar{Q}G\bar{G}} = \frac{k^2}{G\bar{G}}.$$

В итоге имеем формулы (3.9), что доказывает лемму.

Доказательство теоремы 1. В соответствии с леммой 1 имеем

$$\begin{aligned} \|H(\Phi)S_1\|_2^2 &= \frac{1}{\pi} \int_0^\infty |HS_1|^2 d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty [|T_1 - T_2\Phi|^2 + T_3] S_d d\omega = \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^\infty |T_1 - T_2\Phi|^2 S_d d\omega + \frac{1}{\pi} \int_0^\infty T_3 S_d d\omega = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty |T_1 - T_2\Phi|^2 S_d d\omega + \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \left| \frac{k}{G} \right|^2 S_d d\omega, \text{ т.е.} \\ \|H(\Phi)S_1\|_2^2 &= \|(T_1 - T_2\Phi)S_1\|_2^2 + \left\| \frac{k}{G} S_1 \right\|_2^2. \end{aligned} \quad (\text{П.2})$$

Заметим, что второе слагаемое в формуле (П.2) не зависит от Φ , т.е. для достижения минимума функционала $\|H(\Phi)S_1\|_2^2$ необходимо и достаточно, чтобы достигало минимума первое слагаемое, что и

доказывает теорему.

Доказательство теоремы 2. Согласно (3.8) по лемме 1 имеем

$$I_\infty(\Phi) = \|H(\Phi)\|_\infty^2 = \sup_{\omega \in [0, \infty)} |H|^2 = \sup_{\omega \in [0, \infty)} [|T_1 - T_2\Phi|^2 + T_3]. \quad (\text{П.3})$$

Введём вспомогательное обозначение $\gamma^2 = \varepsilon + I_g$, где $\varepsilon > 0$ – вещественное число такое, что найдутся функции $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$, обеспечивающие неравенство

$$I_\infty(\Phi) = \|H(\Phi)\|_\infty^2 = \sup_{\omega \in [0, \infty)} [|T_1 - T_2\Phi|^2 + T_3] \leq \gamma^2.$$

Это условие с очевидностью можно записать в эквивалентной форме

$$|T_1(j\omega) - T_2(j\omega)\Phi(j\omega)|^2 \leq \gamma^2 - T_3(\omega) \quad \forall \omega \in [0, \infty). \quad (\text{П.4})$$

Поскольку $\gamma^2 > I_g$, из (3.12) имеем $\gamma^2 - T_3(\omega) > 0 \quad \forall \omega \in [0, \infty)$, причём $\gamma^2 - T_3(\omega)$ – это четная функция. Тогда существует такая дробь $L_\gamma(s)$, что

$$|L_\gamma(j\omega)|^2 = \gamma^2 - T_3(\omega) \quad \forall \omega \in [0, \infty), \quad (\text{П.5})$$

т.е. $L_\gamma(s)L_\gamma(-s) \equiv \gamma^2 - k^2 / [G(s)G(-s)]$, $L_\gamma(s) \equiv R_\gamma(s) / G(s)$, где гурвицев полином $R_\gamma(s)$ определяется факторизацией (5.3).

Подставляя (П.5) в (П.4), имеем для любого $\omega \in [0, \infty)$ $|T_1(j\omega) - T_2(j\omega)\Phi(j\omega)|^2 \leq |R_\gamma(j\omega) / G(j\omega)|^2$, что эквивалентно условию

$$E(\Phi) = \|(T_1 - T_2\Phi)P_1\|_\infty^2 \leq 1, \text{ где } P_1(s) \equiv G(s) / R_\gamma(s). \quad (\text{П.6})$$

Очевидно, что минимальное число $\gamma^2 > I_g$, для которого можно обеспечить условие (П.6) при $\Phi(s) \in \Omega_\infty^\Phi$, является минимумом в задаче (3.6).

Доказательства теорем 3 и 4. Рассмотрение выражения для ошибки приближения в задаче (3.11) после подстановки (3.9) дает выражение

$$E_2(\Phi) = \left\| \left(\frac{k^2 \alpha \bar{A} - \beta \bar{B}}{QG} - \frac{\bar{G}}{Q} \Phi \right) S_1 \right\|_2^2, \quad (\text{П.7})$$

которое можно привести к виду $E_2(\Phi) = \|\Theta_M(S_1) - L\Phi S_1\|_2^2 + \|\Gamma_M(S_1)\|_2^2$ с использованием теплицева Θ_M и ганкелева Γ_M операторов [7]. Заметим, что второе слагаемое не зависит от параметра Φ , поэтому минимум достигается при условии $\Theta_M(S_1) - L\Phi S_1 = 0$, причём выполнение этого равенства возможно в единственном варианте $\Phi = \Phi_{02} = \Theta_M(S_1) / LS_1$ – отсюда следует (4.1).

В соответствии с формулой (4.2) нетрудно показать выполнение

равенств $[(k^2\alpha\bar{A} - \beta\bar{B})S_1 - RQ]_{s=g_i} = 0, i = \overline{1, n}$, т.е. числитель функции $\Phi_{02}(s)$ нацело делится на полином $G(-s)$. Но поскольку $G(s)$ и $N(s)$ – гурвицевы полиномы, то и знаменатель функции $\Phi_{02}(s)$ – гурвицев полином. При этом функционал E_2 принимает конечное значение $E(\Phi_{02}) = \|R/\bar{G}\|_2^2 = \|R/G\|_2^2$, следовательно, конечна и величина $\|H(\Phi)S_1\|_2^2$, т.е. $\Phi_{02} \in \Omega_2^\Phi$, что и доказывает теорему.

Доказательство теоремы 4 определяется прямой подстановкой выражения (4.2) в (3.3) с учетом (3.2), откуда следует формула (4.3). Заметим, что функция $W_0(s)$ не зависит от выбора полиномов $\alpha(s)$ и $\beta(s)$, введенных параметризацией, и определяется лишь исходными данными задачи.

Доказательства теорем 5–6 и леммы 2 в целом выполняются по аналогичным схемам с учетом доказательств соответствующих утверждений, приведенных в работе [13].

Данная статья написана на базе исследования, которое выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No. 14-07-00083a.

Литература

1. Солодовников В. В. Статистическая динамика линейных систем управления. М.: Физматгиз, 1960.
2. Чанг Ш. Синтез оптимальных систем автоматического управления. М.: Машиностроение, 1964.
3. Алиев Ф. А., Ларин В. Б., Науменко К. И., Сунцев В. Н. Оптимизация линейных инвариантных во времени систем управления. К.: Наукова думка, 1978.
4. Петров Ю. П. Синтез устойчивых систем управления, оптимальных по среднеквадратичным критериям качества // *АиТ*. 1983. № 7. С. 5–24.
5. Веремей Е. И., Петров Ю. П. Управляемость линейных систем при наличии возмущающих воздействий. М., 1977. Деп. В ВИНТИ 20.05.77., № 1984-77.
6. Веремей Е. И. Частотный метод синтеза оптимальных регуляторов для линейных систем со скалярным возмущением (Часть 1, Часть 2) // *Известия вузов СССР. Электромеханика*. 1985. № 10. С. 52–57, 1985. № 12. С. 33–39.
7. Francis B.A. A course in H_∞ control theory. Berlin: Springer-Verlag, 1987.
8. Doyle J., Francis B., Tannenbaum A. Feedback control theory. New York: Macmillan Publ. Co., 1992.
9. Барабанов А. Е., Первозванский А. А. Оптимизация по равномерно-частотным показателям (H -теория) // *АиТ*. 1992. № 9. С. 3–32.
10. Поляк Б.Т., Щербаков П.С. Робастная устойчивость и управление. М.: Наука, 2002.
11. Mackenroth U. Robust control systems. Berlin. Springer-Verlag. 2004.
12. Бокова Я. М., Веремей Е. И. Вычислительные аспекты спектрального метода H_∞ -оптимального синтеза // *Теория и сист. управл.* 1995. №4. С. 88 – 96.
13. Веремей Е. И. Спектральный подход к оптимизации систем управления по нормам пространств H_2 и H_∞ // *Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10*. 2004. Вып. 1. С. 48 – 59.
14. Веремей Е. И., Петров Ю. П. Метод синтеза оптимальных регуляторов, допускающий техническую реализацию // *Математические методы исследования управляемых механических систем*. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982.– С. 24–31.
15. Веремей Е.И. Особенности решения задач среднеквадратичного синтеза в среде MATLAB // *Тр. II Всероссийской научной конференции "Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB"*. М., 2004. С. 864–883.
16. Веремей Е.И. Вопросы H_∞ -оптимизации SISO систем в среде MATLAB // *Тр. IV Всероссийской научной конференции «Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB»*. Астрахань, 2009. С. 18–39.

Веремей Е.И.¹, Сотникова М.В.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем, e.veremey@spbu.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, к.ф.-м.н., доцент кафедры компьютерных технологий и систем, m.sotnikova@spbu.ru

Многоцелевой закон управления подвижным объектом с использованием визуальной информации в контуре обратной связи

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Многоцелевая структура, визуальная информация, подвижный объект.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается задача управления подвижным объектом с использованием в обратной связи визуальной информации, получаемой с бортовой видеокамеры. Целью управления является обеспечение желаемого положения объекта трехмерной сцены в плоскости изображения. В качестве объекта управления принято полноприводное морское судно. Закон управления формируется при помощи многоцелевой структуры, позволяющей выполнять поэтапную настройку базового закона, асимптотического наблюдателя и динамического корректора. При этом командные сигналы в рамках этой структуры вычисляются на основе визуальной информации. Полученные результаты иллюстрируются примерами моделирования в среде MATLAB/Simulink.

Введение

В настоящее время широкое распространение получают автономные подвижные объекты, которые способны решать практически важные задачи без участия человека. К ним относятся подводные и надводные автономные подвижные аппараты, воздушные объекты, например, квадрокоптеры, наземные колесные или гусеничные роботы. Автономное функционирование подвижного объекта возможно только при наличии автоматической системы управления, получающей информацию об окружающей среде при помощи датчиков, установленных на борту объекта. При этом многие прикладные задачи невозможно или неэффективно решать без использования визуальной информации, получаемой при помощи малогабаритных бортовых видеокамер.

В данной работе в качестве объекта управления принято

полноприводное морское судно, оборудованное бортовой камерой. Целью управления является обеспечение желаемого положения наблюдаемого объекта в плоскости изображения. Данную задачу можно рассматривать как одну из вариаций известной задачи динамического позиционирования [1].

В работе описана совместная математическая модель динамики объекта управления, а также относительного движения камеры и наблюдаемой цели. Закон управления формируется на основе многоцелевого структуры [2], которая позволяет использовать оптимизационный подход для поиска ее настраиваемых параметров с учетом ограничений на качество динамических процессов. Настраиваемыми параметрами являются коэффициенты базового закона, асимптотического наблюдателя и динамического корректора. При этом визуальная информация, поступающая с камеры, используется для вычисления командного сигнала по угловой и линейной скорости объекта управления на основе ошибки расхождения между желаемым и действительным положением наблюдаемого объекта в плоскости изображения [3].

Полученные результаты иллюстрируются примерами имитационного моделирования процессов управления в среде MATLAB/Simulink.

Постановка задачи

Математическая модель динамики рассматриваемого морского надводного подвижного объекта представляется системой дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned} \mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} &= -\mathbf{D}\mathbf{v} + \boldsymbol{\tau} + \mathbf{d}(t), \\ \dot{\boldsymbol{\eta}} &= \mathbf{R}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v}, \end{aligned} \tag{1}$$

где компоненты вектора $\mathbf{v} = (u \ v \ p)^T$ являются проекциями линейной и угловой скорости на оси связанной системы координат, компоненты вектора $\boldsymbol{\eta} = (x \ y \ \psi)^T$ определяют положение центра масс (x, y) и курсовой угол ψ по отношению к неподвижной системе координат. Вектор $\boldsymbol{\tau} \in R^3$ представляет управляющее воздействие, а вектор $\mathbf{d} \in R^3$ – внешние воздействия любой природы. Матрицы \mathbf{M} и \mathbf{D} с постоянными элементами положительно определены, причем первая из них является симметрической. Отметим, что оси связанной с объектом системы координат направлены следующим образом: ось Ox_b лежит в горизонтальной плоскости и направлена в нос судна, ось Oy_b находится в горизонтальной плоскости и направлена на правый борт перпендикулярно оси Ox_b , ось Oz_b направлена вертикально вниз.

Система (1) содержит единственную нелинейность, определяемую ортогональной матрицей

$$\mathbf{R}(\boldsymbol{\eta}) = \mathbf{R}(\psi) = \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

поворота на угол Ψ .

На подвижном объекте (1) установлена видеокамера, которая может перемещаться и вращаться только вместе с корпусом объекта, то есть не имеет дополнительных степеней свободы. В поле зрения камеры в каждый момент времени находится объект наблюдения, имеющий определенные геометрические характеристики и положение в пространстве. В зависимости от задачи объектом наблюдения может быть некоторое твердое тело или, например, полоса дороги.

С камерой связана система координат O_cXYZ , для которой оси O_cZ , O_cX и O_cY сонаправлены соответственно с осями Ox_b , Oy_b и Oz_b . Отметим, что начала координат у этих двух систем не совпадают: точка O обычно выбирается как центр масс объекта, а точка O_c совпадает с оптическим центром камеры.

Пусть \mathbf{s} – вектор, характеризующий проекцию объекта наблюдения на плоскость изображения. В качестве компонент этого вектора примем координаты (x_i, y_i) особых точек в плоскости изображения, соответствующих некоторым точкам объекта наблюдения в пространстве. Особые точки (interest points) извлекаются из текущего изображения, например, при помощи SIFT- или SURF-алгоритма [5].

Обозначим (X, Y, Z) пространственные координаты произвольной точки сцены в системе координат камеры. Тогда соответствующие ей координаты в нормированной плоскости изображения [6] равны

$$x = \frac{X}{Z}, \quad y = \frac{Y}{Z}. \quad (3)$$

Ясно, что изменение вектора \mathbf{s} в плоскости изображения связано с линейной и угловой скоростью перемещения камеры в пространстве, что в общем виде представляется следующей моделью [3]:

$$\dot{\mathbf{s}} = \mathbf{L}_s \mathbf{v}_c. \quad (4)$$

Здесь вектор $\mathbf{v}_c = (\mathbf{v}_c \quad \boldsymbol{\omega}_c)^T$ определяет линейную и угловую скорость камеры, матрица \mathbf{L}_s характеризует связь между пространственным перемещением камеры и перемещением проекции наблюдаемого объекта в плоскости изображения. Выражения для компонент матрицы \mathbf{L}_s выводятся на основе законов теоретической механики и модели перспективного преобразования.

Компоненты вектора \mathbf{v}_c совпадают с линейными и угловыми скоростями самого объекта, которые контролируются при помощи вектора

τ управляющих воздействий, то есть $\mathbf{v}_c = \mathbf{v} = (u \ v \ p)^T$. При этом модель (4) принимает вид:

$$\begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x}{Z} & -\frac{1}{Z} & -1-x^2 \\ \frac{y}{Z} & 0 & -xy \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ p \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Заметим, что уравнения (5) являются нелинейными, причем для вычисления матрицы \mathbf{L}_s необходимо знать глубину Z точки пространства. Каждой точке (x_i, y_i) , $i = \overline{1, N}$ соответствует два уравнения вида (5). Для обеспечения желаемого положения камеры относительно наблюдаемой цели обычно используется не менее трех таких точек.

Итак, уравнения (1), (2), (5) составляют полную систему нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих математическую модель объекта. Эти уравнения необходимо рассматривать совместно, так как фактически система (1) является дополнительной связью по отношению к модели (5).

Дополним математическую модель уравнениями измерений. Будем считать, что измерению доступны компоненты вектора $\boldsymbol{\eta} = (x \ y \ \psi)^T$ и проекции особых точек в плоскость изображения в соответствии с уравнениями (3). Отметим, что описанная математическая модель не включает динамику движения объекта управления и установленной на нем камеры по крену, дифференту и глубине. В связи с этим приведенные уравнения наиболее адекватно представляют реальные динамические процессы в условиях незначительного волнения моря.

Целью управления является достижение желаемого вектора \mathbf{s}^* , то есть желаемой проекции наблюдаемого объекта в плоскость изображения. Формально это можно представить следующим образом:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{s}(t) - \mathbf{s}^*\| = 0. \quad (6)$$

Поставим задачу о поиске управления с обратной связью, обеспечивающего достижение цели управления (6). При этом положение равновесия $\mathbf{v} = \mathbf{0}$, $\mathbf{s} = \mathbf{s}^*$ должно быть асимптотически устойчивым. Кроме основного требования, обратная связь должна обеспечивать астатизм замкнутой системы по отклонениям от положения равновесия, то есть гарантировать интегрирующее действие системы по отношению к возмущениям смещающего типа (волновой снос, течение, ветер), которые медленно изменяются во времени. И, наконец, обратная связь должна обеспечивать желаемое поведение замкнутой системы при воздействии на нее морского волнения. Здесь необходимо предусмотреть различные варианты поведения: полное отсутствие реакции на волнение, работа в

экономичном режиме с фильтрацией волнения в управляющем сигнале, работа в точном режиме с компенсацией волнения.

Многоцелевой закон управления с использованием видеоинформации

Рассмотрим многоцелевую структуру закона управления:

$$\begin{aligned} \mathbf{M}\dot{\mathbf{z}}_v &= -\mathbf{D}\mathbf{z}_v + \boldsymbol{\tau} + \mathbf{R}^T(\boldsymbol{\eta})\mathbf{K}_1(\boldsymbol{\eta} - \mathbf{z}_\eta), \\ \dot{\mathbf{z}}_\eta &= \mathbf{R}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{z}_v + \mathbf{K}_2(\boldsymbol{\eta} - \mathbf{z}_\eta), \\ \boldsymbol{\tau} &= -\mathbf{K}_d(\mathbf{z}_v - \mathbf{K}_v\mathbf{v}^*) + \mathbf{F}(p)(\boldsymbol{\eta} - \mathbf{z}_\eta), \quad p = d/dt, \end{aligned} \quad (7)$$

где $\mathbf{z}_v \in R^3$, $\mathbf{z}_\eta \in R^3$ – векторы состояния наблюдателя, $\mathbf{v}^* \in R^3$ – командный сигнал, задающий желаемую линейную и угловую скорость движения объекта. Неизвестными настраиваемыми элементами многоцелевой структуры (7) являются постоянные матрицы $\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2$ наблюдателя, матрицы \mathbf{K}_d и \mathbf{K}_v управляющего сигнала, а также передаточная матрица $\mathbf{F}(p)$ корректора. Поиск этих матриц, исходя из желаемых требований к динамике соответствующих режимов движения, составляет существо задачи многоцелевого синтеза в заданной структуре.

Из (7) следует, что многоцелевая структура состоит из трех центральных элементов: нелинейного асимптотического наблюдателя (первые два уравнения), нелинейного закона управления, а также динамического корректора.

Командный сигнал \mathbf{v}^* будем формировать на основе поступающей визуальной информации, а именно на основе ошибки расхождения между фактической проекцией \mathbf{s} объекта наблюдения на плоскость изображения в текущий момент времени и желаемой его проекцией \mathbf{s}^* , то есть в виде функции $\mathbf{v}^* = \mathbf{v}^*(\mathbf{e})$, где $\mathbf{e} = \mathbf{s} - \mathbf{s}^*$. Таким образом, поиску подлежат указанные выше параметры многоцелевой структуры и функция $\mathbf{v}^* = \mathbf{v}^*(\mathbf{e})$. Рассмотрим последовательно процедуры поиска этих элементов.

Асимптотический наблюдатель в структуре (7) предназначен для оценки линейной и угловой скорости объекта на основе измерений вектора $\boldsymbol{\eta}$. Как показано в работах [4,7], при отсутствии внешних возмущений $\mathbf{d}(t) \equiv 0$ сходимость оценок $\mathbf{z}_v, \mathbf{z}_\eta$ к истинным значениям компонентов вектора состояния гарантируется в том случае, если матрицы $\mathbf{K}_1, \mathbf{K}_2$ имеют диагональную структуру и положительно определены. Таким образом, матрицы \mathbf{K}_1 и \mathbf{K}_2 выбираются с учетом этого условия и желаемых требований к динамике движения объекта, определяемого воздействием ступенчатых внешних возмущений. Поиск осуществляется посредством решения соответствующей оптимизационной задачи.

Нелинейный базовый закон управления в варианте «по состоянию» имеет вид

$$\boldsymbol{\tau} = -\mathbf{K}_d(\mathbf{v} - \mathbf{K}_v \mathbf{v}^*). \quad (8)$$

Запишем уравнения замкнутой системы (1), (8). При этом будем рассматривать только первое уравнения модели (1), поскольку целью управления (8) является обеспечение желаемой скорости \mathbf{v}^* объекта вне зависимости от вектора $\boldsymbol{\eta}$. В результате получим

$$\mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} = -\mathbf{D}\mathbf{v} - \mathbf{K}_d(\mathbf{v} - \mathbf{K}_v \mathbf{v}^*) + \mathbf{d}(t). \quad (9)$$

При условии отсутствия внешних возмущений $\mathbf{d}(t) \equiv \mathbf{0}$, система (9) имеет положение равновесия $\mathbf{v} = \mathbf{v}^*$, если $\mathbf{K}_v = \mathbf{K}_d^{-1}(\mathbf{D} + \mathbf{K}_d)$. Причем для глобальной асимптотической устойчивости этого положения равновесия достаточно, чтобы матрица \mathbf{K}_d имела диагональную структуру и была положительно определена. Таким образом, матрицу \mathbf{K}_d следует выбирать с учетом указанного условия и желаемых требований к качеству динамики переходных процессов, определяемых заданным командным сигналом $\mathbf{v} = \mathbf{v}^*$. В частности, такими требованиями являются ограничение по длительности процессов и отсутствие перерегулирования. Матрица \mathbf{K}_d находится в результате постановки и решения соответствующей оптимизационной задачи.

Ясно, что любой нестационарный командный сигнал $\mathbf{v} = \mathbf{v}^*(t)$ система управления будет отрабатывать тем точнее, чем дальше от мнимой оси расположены собственные числа замкнутой системы (1), (8). Тем не менее, выбор собственных значений должен осуществляться и с учетом других динамических ограничений, таких как реакция системы управления на воздействие морского волнения.

Третий элемент, который следует синтезировать при настройке структуры – это передаточная матрица $\mathbf{F}(p)$ динамического корректора. Введем матрицы $\boldsymbol{\alpha}, \boldsymbol{\beta}, \boldsymbol{\gamma}, \boldsymbol{\mu}$ динамического корректора, такие, что выполняется условие $\mathbf{F}(s) \equiv \boldsymbol{\gamma}(\mathbf{E}_l s - \boldsymbol{\alpha})^{-1} \boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\mu}$. Это означает, что уравнения динамического корректора могут быть представлены в пространстве состояний в виде

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{p}} &= \boldsymbol{\alpha} \mathbf{p} + \boldsymbol{\beta} \boldsymbol{\varepsilon}_\eta, \\ \boldsymbol{\xi} &= \boldsymbol{\gamma} \mathbf{p} + \boldsymbol{\mu} \boldsymbol{\varepsilon}_\eta. \end{aligned} \quad (10)$$

Здесь $\mathbf{p} \in E^l$ – вектор состояния корректора, $\boldsymbol{\varepsilon}_\eta = \boldsymbol{\eta} - \mathbf{z}_\eta$ – вектор ошибки оценки, l – порядок корректора, $\boldsymbol{\xi} \in R^3$ – выходной вектор, \mathbf{E}_l – единичная матрица $l \times l$. При этом матрица $\boldsymbol{\alpha}$ гурвицева. По аналогии с доказательством, приведенным в работе [4], нетрудно показать, что в случае отсутствия внешних возмущений $\mathbf{d}(t) \equiv \mathbf{0}$ при добавлении корректора положение равновесия $\mathbf{v} = \mathbf{v}^*$ замкнутой системы (1), (7) остается глобально асимптотически устойчивым. При этом матрицы

асимптотического наблюдателя, базового закона и корректора могут настраиваться независимо друг от друга.

Основной целью введения динамического корректора является обеспечение астатизма замкнутой системы по отношению к постоянным внешним возмущениям и желаемой динамики в условиях морского волнения [9]. Данные вопросы применительно к многоцелевой структуре с визуальной обратной связью представляют предмет дальнейших исследований.

Для достижения желаемой цели управления (6) будем формировать управляющий сигнал в системе вида (4) с матрицей (5) таким образом, чтобы обеспечить экспоненциальное убывание ошибки расхождения $\mathbf{e}(t) = \mathbf{s}(t) - \mathbf{s}^*$. Для этого можно использовать следующий закон управления [3]:

$$\mathbf{v}_c = -\lambda \mathbf{L}_s^+ \mathbf{e}, \quad (11)$$

где $\mathbf{L}_s^+ = (\mathbf{L}_s^T \mathbf{L}_s)^{-1} \mathbf{L}_s^T$ – псевдообратная матрица, $\lambda > 0$ – вещественное число, определяющее скорость убывания ошибки. Отметим, что для реализации закона управления (11) необходимо знать величину Z (глубину) для каждой наблюдаемой точки трехмерного пространства. Достичь этого можно, по крайней мере, двумя способами. Первый из них состоит в том, чтобы использовать две камеры на борту подвижного объекта и алгоритмы стереозрения для определения координат точки. Второй вариант заключается в построении нелинейного асимптотического наблюдателя для оценки координат точки в трехмерном пространстве по измерениям ее проекций на плоскость изображения и известной скорости движения объекта. При этом скорость движения объекта должна оцениваться при помощи асимптотического наблюдателя в многоцелевой структуре (7).

Будем использовать управляющий сигнал, задаваемый формулой (11), в качестве командного сигнала по линейной и угловой скорости объекта, то есть примем $\mathbf{v}^* = \mathbf{v}_c$. Итак, многоцелевой закон управления с визуальной информацией в обратной связи представляется формулами (7) и (11). При этом на вход алгоритма управления подаются измеряемые векторы \mathbf{n} и \mathbf{s} , а на выходе получаем управляющее воздействие $\boldsymbol{\tau} \in R^3$.

Естественно, что для достижения цели управления (6) помимо закона управления (11) могут быть использованы другие варианты, в частности оптимизационные подходы, что также является предметом дальнейших исследований.

Примеры моделирования процессов управления

Рассмотрим примеры имитационного моделирования с использованием разработанного многоцелевого закона управления. В качестве объекта управления примем морское судно "Northern Clipper" длиной $L = 76.2$ м и массой $m = 4.59 \cdot 10^6$ кг, математическая модель

которого описана в работе [7]. Эта модель имеет форму (1), где матрицы \mathbf{M} и \mathbf{D} имеют следующие компоненты:

$$\mathbf{M} = \begin{pmatrix} 5.31 \cdot 10^6 & 0 & 0 \\ 0 & 8.28 \cdot 10^6 & 0 \\ 0 & 0 & 3.75 \cdot 10^9 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{D} = \begin{pmatrix} 5.02 \cdot 10^4 & 0 & 0 \\ 0 & 2.72 \cdot 10^5 & -4.39 \cdot 10^6 \\ 0 & -4.39 \cdot 10^6 & 4.19 \cdot 10^8 \end{pmatrix}.$$

Матрицы \mathbf{K}_1 и \mathbf{K}_2 наблюдателя примем равными

$$\mathbf{K}_1 = \begin{pmatrix} 0.1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{K}_2 = \begin{pmatrix} 1.1 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1 & 0 \\ 0 & 0 & 1.1 \end{pmatrix},$$

что совпадает со значениями, представленными в указанной работе.

В качестве матрицы \mathbf{K}_d базового закона примем матрицу

$$\mathbf{K}_d = \mathbf{I}_{3 \times 3} \cdot 10^6,$$

где $\mathbf{I}_{3 \times 3}$ – единичная матрица. Соответствующие собственные числа замкнутой системы (1), (8) равны $s_1 = -0.10$, $s_2 = -0.16$, $s_3 = -0.19$.

Для проведения экспериментов в качестве динамического корректора примем произвольную линейную стационарную систему вида (10) третьего порядка со случайными матрицами, причем такую, чтобы матрица \mathbf{a} была гурвицева.

Зададим теперь цель управления вида (6). Для этого выберем в качестве наблюдаемого объекта (цели) квадрат, вершины которого представляют собой четыре отслеживаемые точки в плоскости изображения $\mathbf{s}_i = (x_i, y_i)$, $i = \overline{1,4}$. Потребуем, чтобы в конечном положении эти точки в плоскости изображения имели координаты:

$$\mathbf{s}_1^* = (0.2, 0.6), \mathbf{s}_2^* = (-0.2, 0.6), \mathbf{s}_3^* = (-0.2, 0.2), \mathbf{s}_4^* = (0.2, 0.2),$$

как показано на рис. 1. При этом в начальный момент времени проекции указанных точек квадрата в плоскость изображения имеют координаты:

$$\mathbf{s}_1^0 = (0.25, 0.42), \mathbf{s}_2^0 = (0.0045, 0.37), \mathbf{s}_3^0 = (0.0045, 0.12), \mathbf{s}_4^0 = (0.25, 0.14).$$

На рис. 2 показаны траектории точек в плоскости изображения при перемещении подвижного объекта из начального в конечное положение. Из рисунка видно, что наблюдаемая цель занимает в плоскости изображения желаемую позицию, то есть обеспечивается достижение цели управления (6).

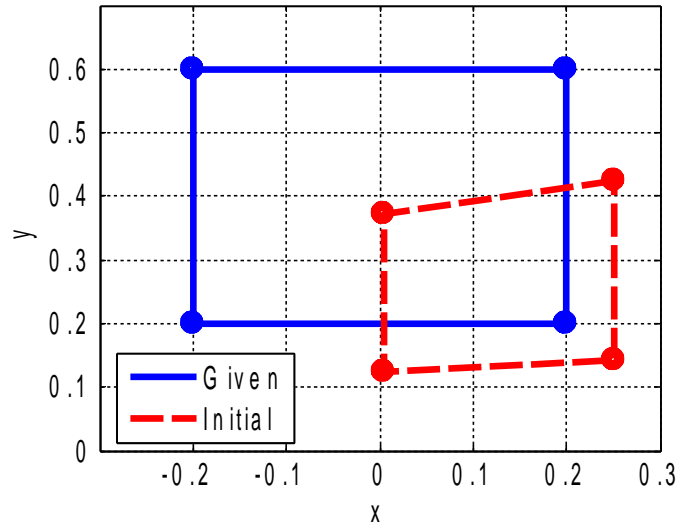


Рис.1. Начальное и заданное положение цели в плоскости изображения

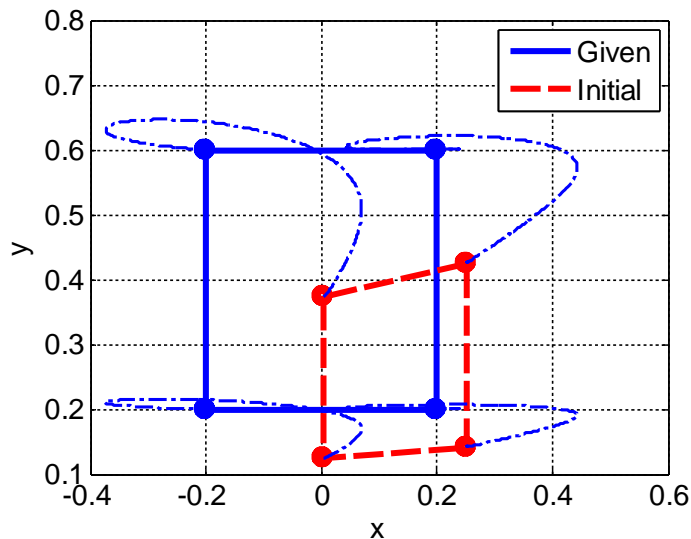


Рис.2. Траектории наблюдаемых точек в плоскости изображения

На рис. 3 представлены соответствующие управляющие силы (τ_1, τ_2) и момент (τ_3) , являющиеся компонентами вектора $\tau = (\tau_1 \tau_2 \tau_3)$. На рис. 4 показаны значения линейных составляющих u, v и угловой r скорости объекта. Из рисунков видно, что в результате переходного процесса система переходит в новое положение равновесия, при котором обеспечивается достижение цели управления (б). При этом длительность переходного процесса составляет примерно 100 секунд. Заметим, что качество процессов управления может быть улучшено, если при формировании командного сигнала (11) учитывать ограничения на динамику подвижного объекта, определяемые его математической моделью (1).

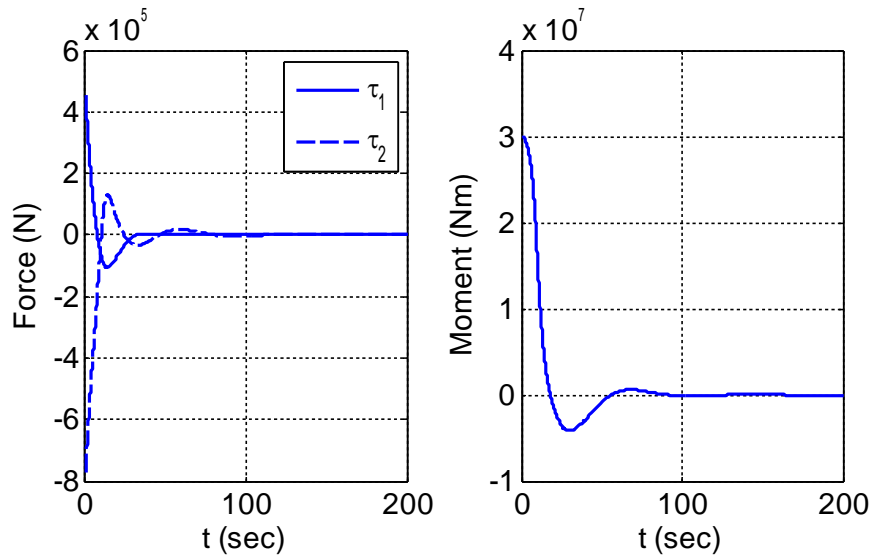


Рис.3. Изменение управляющих сил и момента

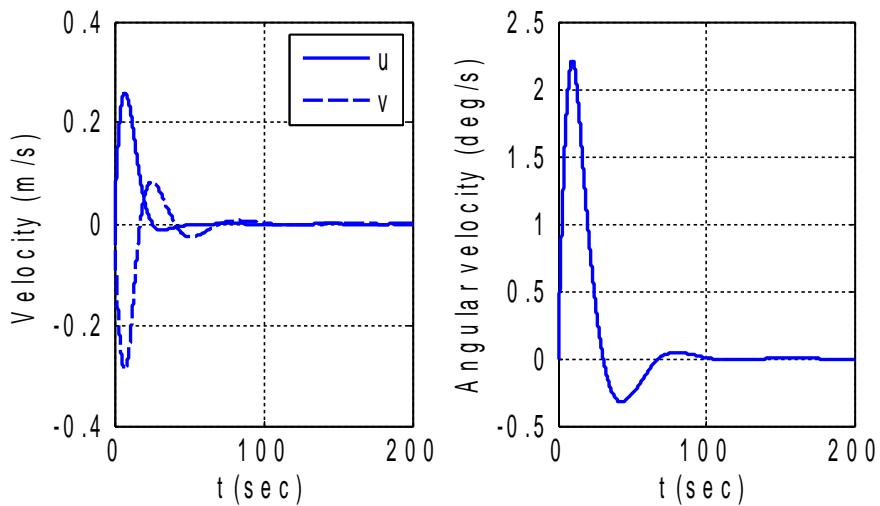


Рис.4. Линейные и угловая скорости движения объекта управления

Заключение

В работе предложен многоцелевой закон управления подвижным объектом с использованием визуальной информации в контуре обратной связи. Показано, что при отсутствии внешних возмущений данный закон обеспечивает достижение цели управления, которая заключается в обеспечении желаемого положения наблюдаемого объекта в плоскости изображения камеры. Вопросы настройки динамического корректора и исследование динамики замкнутой системы при наличии внешних возмущений являются предметом дальнейших исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга.

Литература

1. Margarita V. Sotnikova, Evgeny I. Veremey. Dynamic Positioning Based on Nonlinear MPC // Proceedings of the 9th IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems (CAMS 2013). Osaka, Japan, September 17-20, 2013. – P. 37-42.
2. Веремей Е.И., Сотникова М.В. Многоцелевая структура законов управления морскими подвижными объектами // Труды: XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2014), Москва, 16-19 июня, 2014. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 3289-3300.
3. Chaumette F., Hutchinson S. Visual Servo Control: Basic Approaches // IEEE Robotics & Automation Magazine. 2006. Vol. 13, No. 4, pp. 82-90.
4. Evgeny I. Veremey. Dynamical Correction of Positioning Control Laws // Proceedings of the 9th IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems (CAMS 2013). Osaka, Japan, September 17-20, 2013. – P. 31-36.
5. Lowe D.G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints // International Journal of Computer Vision. 2004. Vol. 2, No. 60, pp. 91-110.
6. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. Springer, 2011. 812 p.
7. Fossen, T. I. and J. P. Strand. Passive Nonlinear Observer Design for Ships Using Lyapunov Methods: Experimental Results with a Supply Vessel // Automatica, 1999. Vol. (35), No. (1), pp. 3-16.
8. Loria A., T. I. Fossen, and E. Panteley. A Separation Principle for Dynamic Positioning of Ships: Theoretical and Experimental Results // IEEE Transactions of Control Systems Technology, 2000. Vol. 8, No. 2, pp. 332-343.
9. Veremey E.I. H_∞ -Approach to Wave Disturbance Filtering for Marine Autopilots // Proceedings of 9th IFAC Conference on Maneuvering and Control of Marine Craft, 2012. Arenzano, Italy, September 19-21, pp. 410-415.

Фараонов А.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования» Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», faraonov.a@mail.ru

Ситуационные центры как инструмент оценки подготовки специалистов и эффективности принятия решения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Подготовка специалистов, транспортная логистика, ситуационная модель, имитационное моделирование, оперативное управление, нечеткий ситуационный подход, нечеткие ситуационные сети.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается правильность действия специалиста на каждом шаге выбора маршрута. Методом анализа иерархий экспертами оцениваются и анализируются возможные последствия действий специалистов. Эксперты оценивают квалификацию, компетентность специалистов без вмешательства в работу реальной системы. Разрабатывается имитационная модель принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной ситуации на маршруте, корректировке опорного плана и выборе нового маршрута доставки. Решается задача многокритериального выбора маршрутов доставки в условиях неопределенности, основанных на теории нечетких множеств. Из множества маршрутов специалист выбирает наилучшую альтернативу нового маршрута и проводит ранжирование альтернатив.

Современные требования к квалификации специалистов, обусловлены возрастающей ролью ситуационных центров как инструментов оценки подготовки специалистов и эффективности принятия решений. Ситуационный центр – наиболее целесообразная реализация подготовки специалистов, основанная на технологиях моделирования ситуации, поведения объектов и визуализации их деятельности, системы объективного контроля и оценивания деятельности специалиста. «Имитационное моделирование – это методология исследования сложных систем для понимания их функционирования и для принятия обоснованных решений. Имитационное моделирование необходимо любому человеку, принимающему ответственные решения»[1, стр. 17].

Ситуационный подход в принятии решений для транспортно-логистической системы предполагает, не только оценить возникшую ситуацию на маршруте, но и определить управляющие решения. Разработка моделей доставки грузов основана на представлении ситуационной модели в виде узлов графа, переходы которого соответствуют управляющим решениям. Такое представление получило название нечёткой ситуационной сети (НСС) [2,3]. Разработка и решение логистических задач маршрутизации, нахождение оптимальных маршрутов возникают в различных областях транспортной логистики: доставка товаров от поставщика к клиенту, доставка сырья, запасных деталей и узлов на производство, курьерская и почтовая доставка, работа грузовых и экспедиторских операторов и т.д. Сформулирован целый класс задач, с ограничениями по времени (DVRPTW – dynamic vehicle routing problems with time windows), постоянно пополняющийся новыми задачами, учитывающими реальные ограничения, возникающие с развитием логистических процессов. Разработка и исследование транспортно-логистической системы с помощью имитационной модели позволяет оценить компетентность специалиста, при принятии решений без вмешательства в работу реальной системы, растянуть или сжать время функционирования логистической системы, понять сложное взаимодействие элементов внутри системы, оценить степень влияния факторов и выявить «узкие места» [4-6]. Ситуационный шаг управления [3] представляется формулой:

$$S_{net} : S_j \xrightarrow{\vec{U}_k} S_1,$$

где S_{NET} – выполнение опорного плана S_{NET} ; S_j – текущая ситуация (узел W_i); S_1 – новая ситуация (узел W_j корректировка опорного плана); \vec{U}_k – выбор маршрута в «непредвиденной ситуации» - выбор модели доставки) (рис. 1).

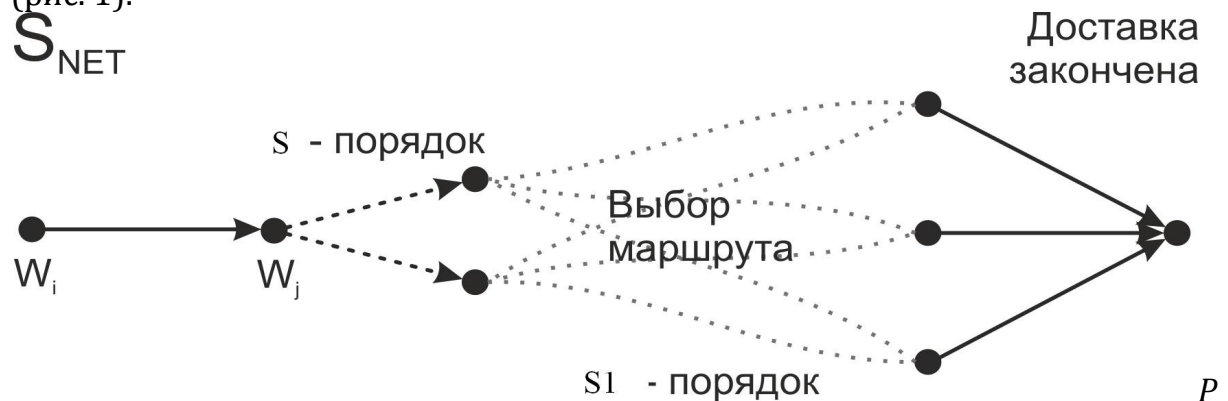


Рисунок 1. Оперативное управление доставкой грузов

Для «непредвиденной ситуации» требуется не просто идентифицировать ситуацию и соответствующее ей множество управляющих решений, но и определить рациональные пути достижения целей планирования и оперативного управления выбора маршрута доставки, для чего необходимо определить возможные последствия

управляющих решений на несколько шагов вперед. Задачи оперативного управления выбором маршрута доставки требуют привлечения дополнительных методов, среди которых хорошо себя зарекомендовали методы, основанные на представлении совокупности типовых состояний системы в виде узлов графа, переходы которого соответствуют управляющим решениям. Ситуационная сеть S_{NET} представлена в виде ориентированного графа $S_{NET}=(W, A)$, где W – множество узлов – состояний, а A – множество дуг-переходов между состояниями.

$$S_{NET}=(W, A); W=\{w_i | i=1, \dots, N_w\}; A=\{a_{i,j} | i=1, \dots, N_w; j=1, \dots, N_w\}.$$

Метод вывода по нечёткой ситуационной сети [2,3] основывается на определении связного подграфа, содержащего некоторое начальное состояние сети w' , относительно которого ведётся поиск.

$$S'_{NET}=(W', A'), W' \subset W, w' \in W'; A'=\{a_{i,j} | w_i, w_j \in W'\}.$$

Создание компьютерной модели логистической системы включает такие взаимосвязанные этапы, как содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; оценка адекватности модели и точности результатов моделирования; планирование экспериментов; принятие решений. Эти показатели не имеют четко очерченных оптимальных границ. Показатели дают возможность количественно зафиксировать тенденции в подготовке специалиста, определить тип поведения специалиста, и соответственно разработать как коллективную, так и индивидуальную методику подготовки специалистов. Каждое действие оператора относится к одному из следующих классов: Q_1 — правильно, своевременно выполненное действие; Q_2 — невыполненные действия; Q_3 — неправильные действия; Q_4 — действия, выполненные с опозданием; Q_5 — действия, выполненные ранее необходимого; Q_6 — излишние действия; Q_7 — неоптимальные действия. Таким образом, производится оценка каждого действия (в том числе и невыполненного, необходимого). Методика определяется следующей последовательностью действий. Специалист проводит серии экспериментов по разработке алгоритмов, составлению имитационных моделей в различных средах:

- в среде «BusinessMap» («Деловая карта») (рис. 2,3). Программа Деловая карта предназначена для включения в базы данных технологий пространственных обработок и решения задач транспортной логистики - расчет оптимальных маршрутов для обработки заказов, калькуляция маршрутов, задач пространственных сортировок и пр. Областью применения программы являются базы данных и приложения, включая базы данных на ACCESS, EXCEL, FOXPRO, DBASE, PARADOX, 1C[7].

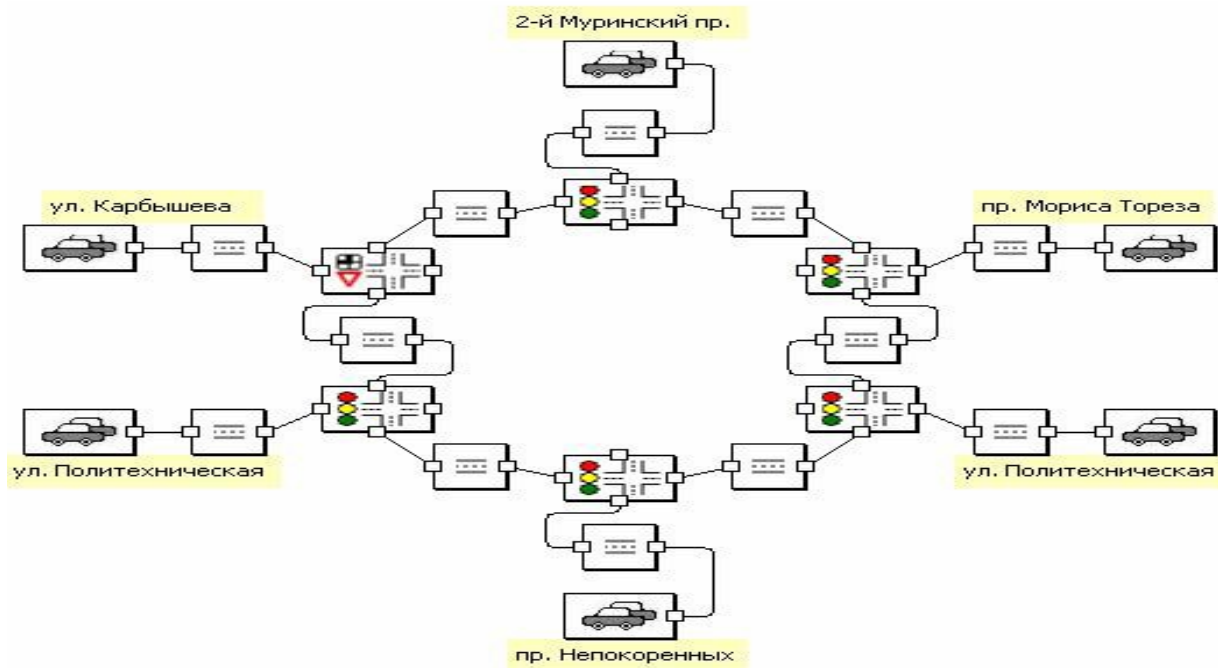


Рис.2. Общая схема ситуационной модели транспортной сети у склада фирмы «Нева-Лайн» на ул. Политехническая, дом 9

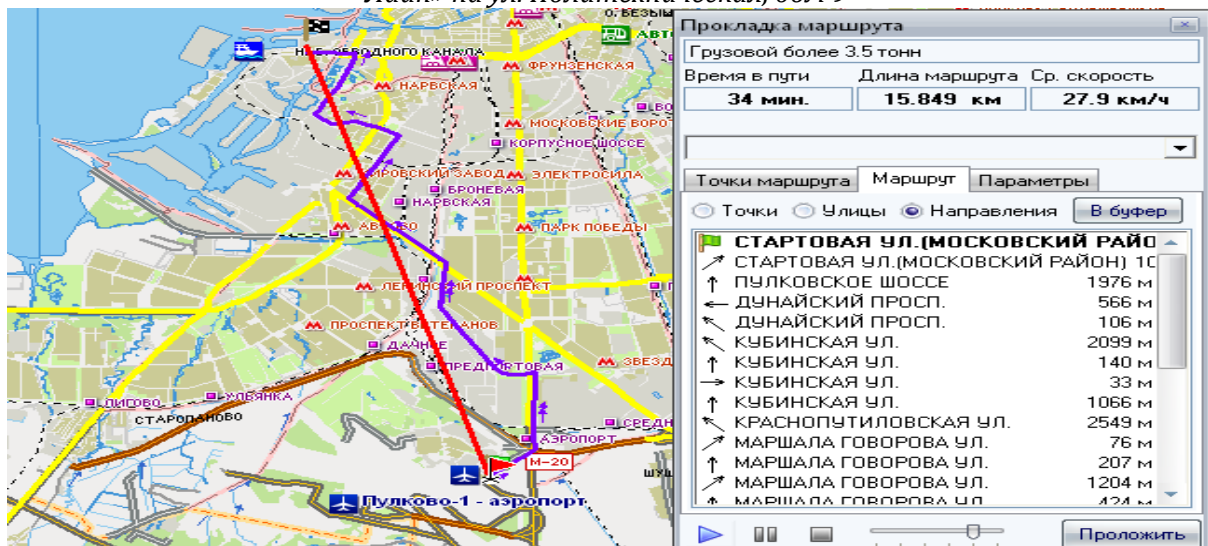


Рис. 3. Выбор маршрута доставки

Эксперты на каждом шаге оценивают действия специалиста: правильность набора схемы и время выполнения; умение изменять параметры имитационных моделей; поиск оптимальных вариантов реализации модели (рис.2,3,5). Специалист производит выбор наилучшей альтернативы нового маршрута[8]. Для иерархии на рис.6 производится оценка ее нижнего уровня (вероятные новые маршруты) через второй уровень (частные критерии: длина, время в пути, марка автомобиля, состояние дороги, время суток), который в свою очередь используется для оценивания главного критерия - новый маршрут.

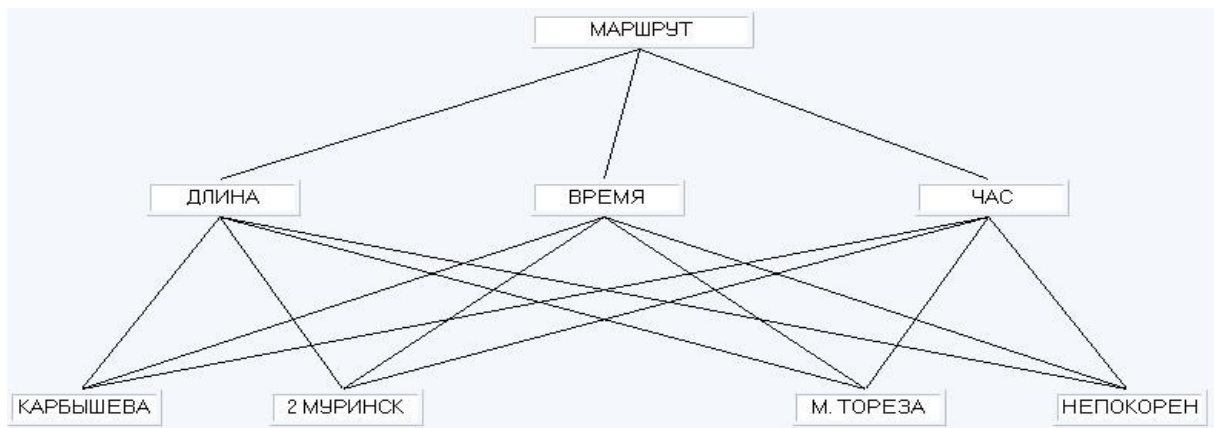


Рис. 4. Уровни метода анализа иерархий для выбора нового маршрута

Каждая ячейка таблицы (матрицы попарных сравнений) предназначена для хранения результата сравнения двух соответствующих объектов. Например, на рис. 7а. ячейка на пересечении строки 1 и столбца 2 (обозначим как (1,2)) содержит результат парного сравнения частного критерия “Длина” с частным критерием “Время доставки” относительно главной цели “Новый маршрут”. Расположенное в ячейке (1,2) число 9 (а также значения в других ячейках) связаны с используемой для сравнения шкалой. В программе “MPRIORITY” [8],используется следующая качественная шкала (рис.7б).

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта

ДЛИНА

		1.	2.	3.	4.	Приоритет
1.	КАРБЫШЕВА	1	9	7	5	0,6755
2.	2 МУРИНСК	1/9	1	3	2	0,1448
3.	М. ТОРЕЗА	1/7	1/3	1	8	0,1259
4.	НЕПОКОРЕН	1/5	1/2	1/8	1	0,0536

СЗ: 5,0545 Применить

ИС: 0,3515 Закрывать

ОС: 0,3905 Отмена

Исследовать

а

Качественная шкала

Сравниваем объект А: КАРБЫШЕВА

с объектом В: 2 МУРИНСК

Относительно объекта верхнего уровня: ВРЕМЯ

А по значимости абсолютно превосходит В
 <<промежточное значение>>
 А явно важнее В
 <<промежточное значение>>
 А значительно важнее В
 <<промежточное значение>>
 А незначительно важнее В
 <<промежточное значение>>
 А и В одинаково важны
 <<промежточное значение>>
 В незначительно важнее А
 <<промежточное значение>>
 В значительно важнее А
 <<промежточное значение>>
 В явно важнее А
 <<промежточное значение>>
 В по значимости абсолютно превосходит А

Да Отмена

б

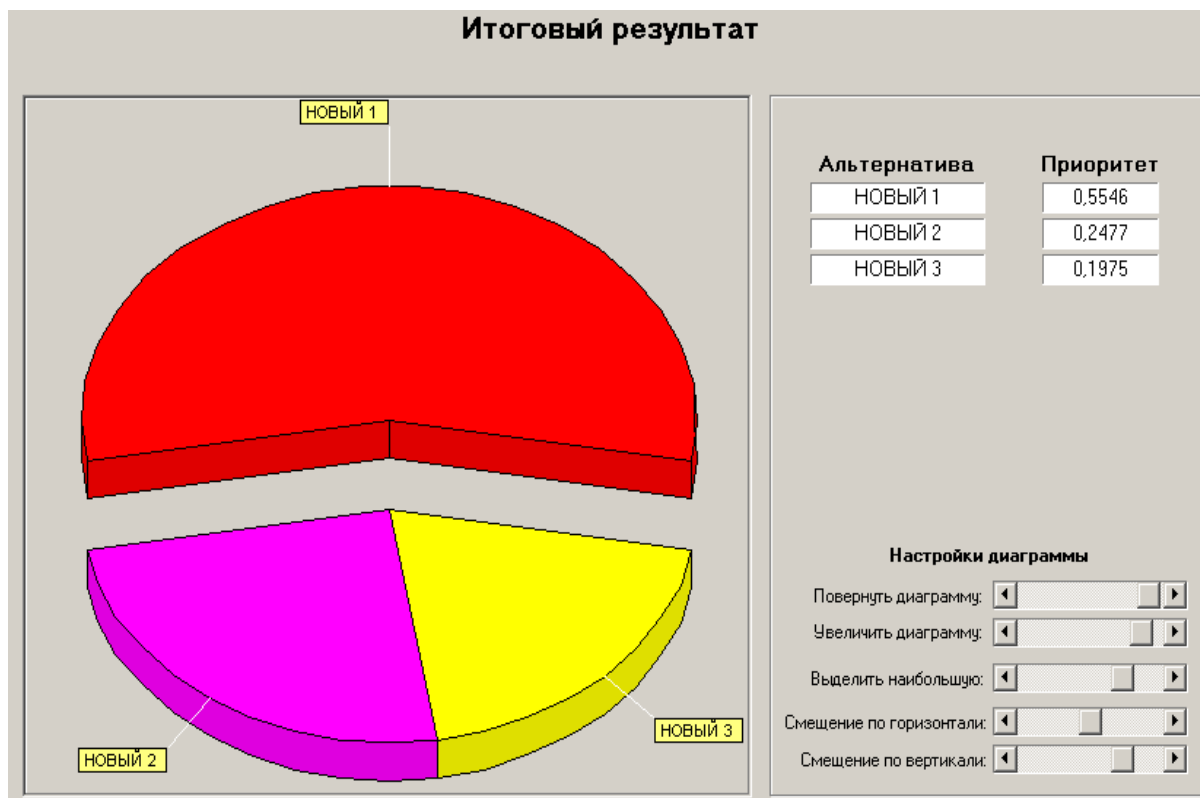


Рис. 5 (а - таблица нового маршрута; б - качественной шкалы; в-итоговый результат)

Каждое действие специалиста (оператора) по реализации модели эксперты оценивают следующим образом: Q_1 - правильно, своевременно выполненное действие; Q_2 - невыполненные действия; Q_3 - неправильные действия; Q_4 - действия, выполненные с опозданием; Q_5 - действия, выполненные ранее необходимого; Q_6 - излишние действия; Q_7 - неоптимальные действия. Результаты проведенных испытаний оцениваются экспертами (преподавателями). В вершине иерархии располагается основная цель, далее, на уровень ниже – подцели, и, наконец, на самом нижнем уровне – альтернативы, среди которых производится выбор (и) или ранжирование (рис.6).

В вершине построенной иерархии располагается цель – оценка работы оператора (специалиста). На втором уровне располагаются эксперты, проводящие оценку работы. На третьем уровне расположены возможные в этой ситуации частные критерии: Q_1 - Q_7 . На четвертом уровне располагается испытуемые специалисты: оператор 1,..., оператор 9.

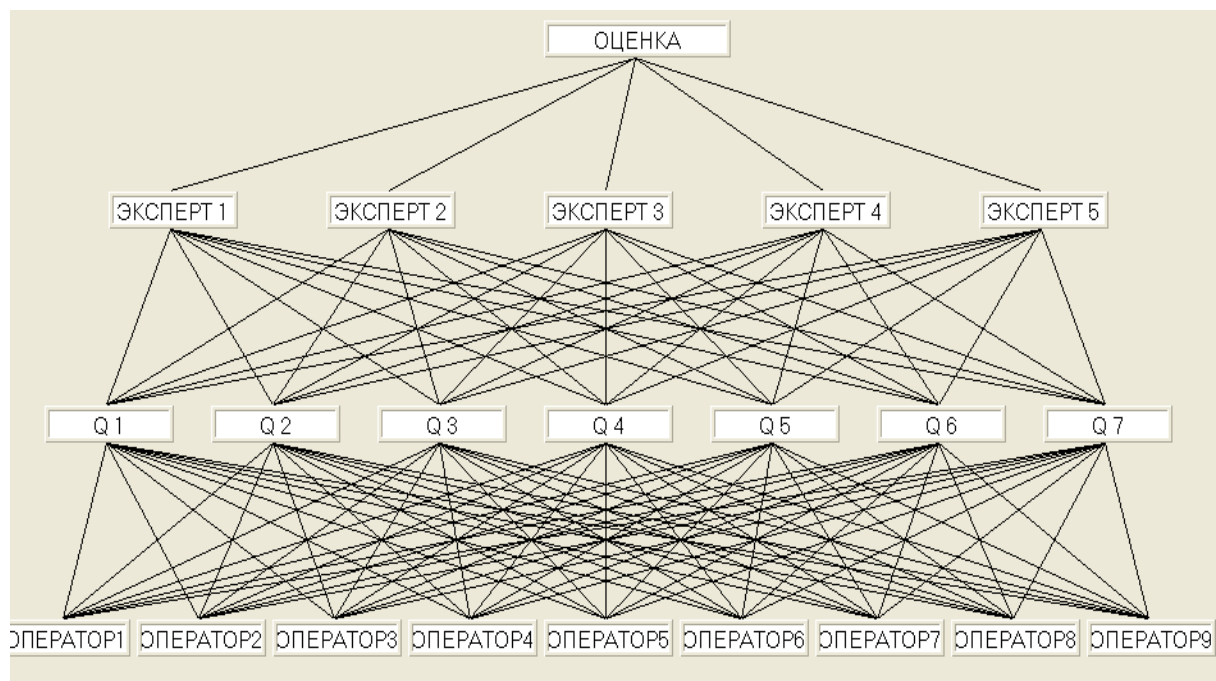


Рис.6. Оценка работы операторов (специалистов)

Работа эксперта

Производим попарные сравнения относительно объекта

ОЦЕНКА

		1.	2.	3.	4.	5.	Приоритет
1.	ЭКСПЕРТ 1	1	6	2	1	2	0,3297
2.	ЭКСПЕРТ 2	1/6	1	1	1/3	1/3	0,0786
3.	ЭКСПЕРТ 3	1/2	1	1	1/4	1	0,1152
4.	ЭКСПЕРТ 4	1	3	4	1	1	0,287
5.	ЭКСПЕРТ 5	1/2	3	1	1	1	0,1893

СЗ: 5.2377
 ИС: 0.0594
 ОС: 0.053

Применить
Закреть
 Отмена

Исследовать

Рис.7. Парные сравнения, проводимые руководителем группы экспертов

- в среде AnyLogic. Оператор обучается оценивать возникшую ситуацию на маршруте и разрабатывает управляющие решения Система AnyLogic [9] поддерживает три технологии создания имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно динамический и агентный, а также любую их комбинацию. Графический

интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широко спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков. AnyLogic стал корпоративным стандартом на бизнес-моделирование во многих транснациональных компаниях, широко используется в образовании. Разработка модели выполняется в среде редактора AnyLogic, анализ модели происходит в среде исполнения (рис. 8).

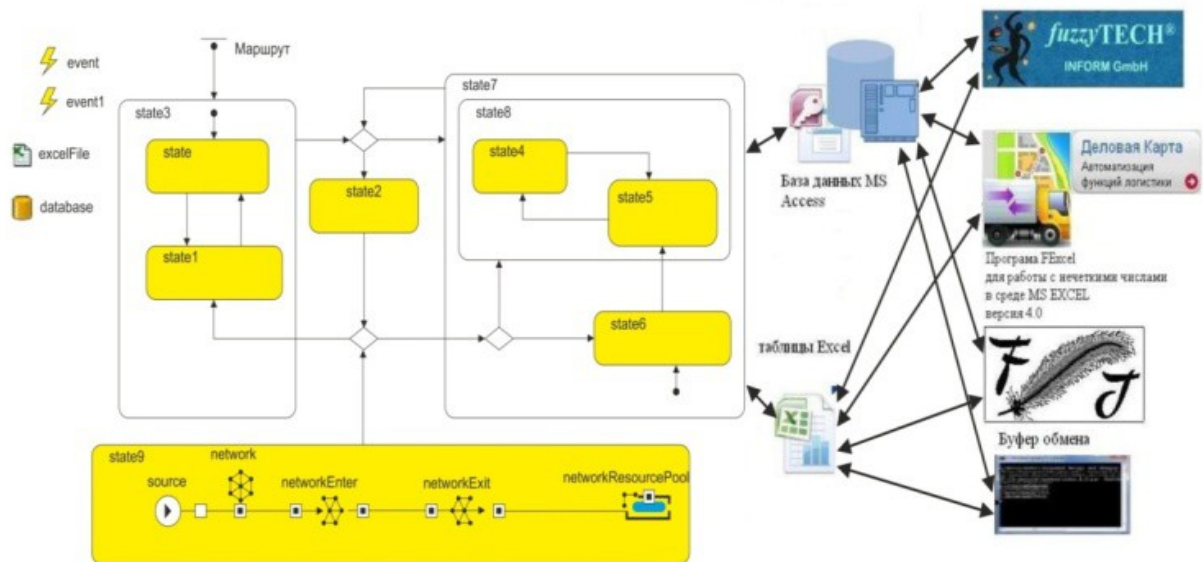


Рисунок 8. Обмен данными между элементами имитационной модели - среде ExtendSim8 [10]. Оператор обучается созданию и эксплуатации системы безопасности аэропорта. Инструмент имитационного моделирования нового поколения, это расширение продукта Extend® фирмы ImagineThat[8], основанный на результатах, полученных в теории моделирования и в информационных технологиях за последнее десятилетие, поддерживает на единой платформе существующие подходы дискретно-событийного и непрерывного моделирования (блок-схемы процессов, системную динамику, агентное моделирование, карты состояний, системы уравнений и т.д.). Объектно-ориентированный подход, предлагаемый ExtendSim 8, облегчает итеративное поэтапное построение больших моделей. ExtendSim 8-модели создаются из заранее подготовленных блоков.

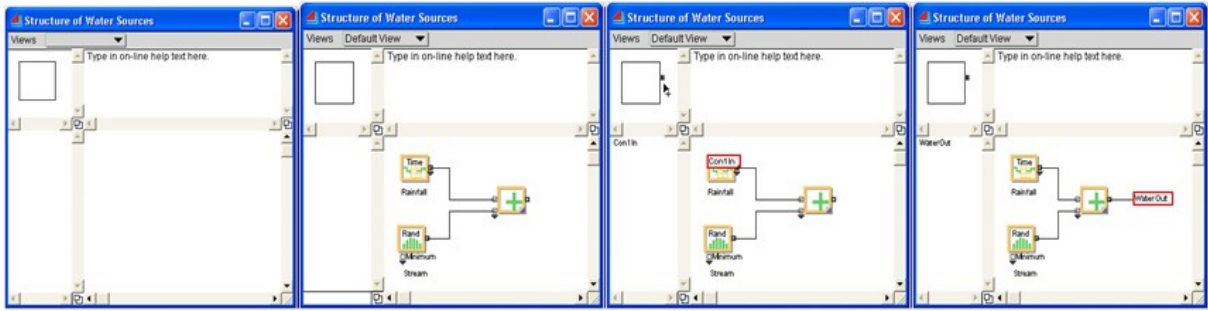


Рис. 9. Этапы разработки имитационной модели



Рис.10. Реализации имитационной модели "Авиационная безопасность" в 3D

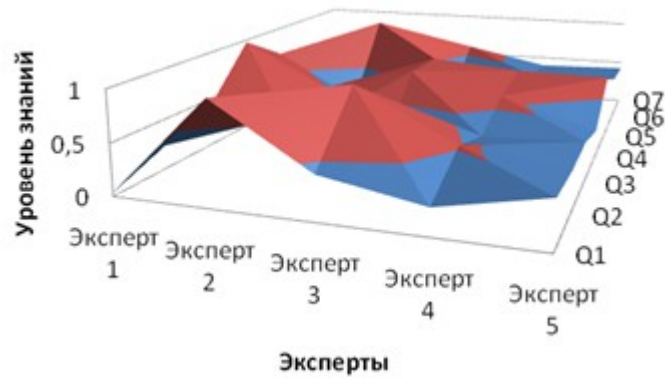


Рис.11. Оценка знаний по критериям Q1-Q7

Заключение

В результате проделанной работы в фирме «Нева-Лайн», разработана имитационная модель принятия оперативных решений при возникновении непредвиденной ситуации на маршруте, корректировке опорного плана и выборе нового маршрута доставки, обучении необходимым квалификационным навыкам и принятия решений на основе имитационного моделирования транспортно-логистических систем, моделируемых в среде AnyLogic, ExtendSim8 и «Business Map». Алгоритм состоит из взаимосвязанных этапов, таких как содержательная постановка задачи, разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели, оценка адекватности модели и точности результатов моделирования, планирование экспериментов; принятие решений, что позволяет проверить и оценить квалификацию специалистов. Методом анализа иерархий экспертами оцениваются и анализируются возможные последствия действий специалистов, квалификацию, компетентность специалистов без вмешательства в работу реальной системы.

Литература

1. Р.М. Юсупов. Национальное общество имитационного моделирования России – начало пути// CAD/CAM/CAEObserver #2 (70) / 2012.
2. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986.
3. В.В. Борисов, М.М. Зернов. Реализация ситуационного подхода на основе нечеткой иерархической ситуационно-событийной сети.//Искусственный интеллект и принятие решений, Институт системного анализа РАН, ISSN 2071-8594,1/2009, стр. 17-30.
4. Фараонов А.В. Разработка ситуационной модели задачи маршрутизации при необходимости изменения опорного плана на основе нечёткой ситуационной сети.// В кн.: XII Всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды [Электронный ресурс]. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014..С. 5101-5113.
5. Фараонов А.В. Ситуационная модель выбора маршрута доставки.//Журнал «Прикладная информатика», №2(44), 2013. С.113-126.
6. Фараонов А.В. Ситуационная модель выбора маршрута доставки при необходимости изменения опорного плана на основе нечетких множеств.// ВИНИТИ, Журнал ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление, №12-2012.С.25-30.
7. Официальный сайт разработчика ООО «Фирма «ИТИТ», «Деловая карта»- www.ingit.ru.
8. Абакаров А. Ш., Иванов А. Ю., Сушков Ю. А. Об одном подходе к управлению персоналом фирмы // Приложение к научно-производственному журналу «Дизайн и производство мебели». 2005. № 3 (8).
9. Сайт: <http://www.anylogic.ru/>.
10. Сайт: <http://www.extendsim.com/index.html>, <http://imaginethatinc.com/pages/demo.html>

Васильева Е.В.¹, Хуснетдинова В.Р.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет управления», г.Москва, к.э.н., доцент кафедры информационных систем, juleo2000@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Государственный университет управления», г.Москва, студент института информационных систем

Особенности проектирования геоинформационного модуля для анализа экологических нарушений в информационной системе ФГИС «Наша природа»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ФГИС «Наша природа», экологическое нарушение, геоинформационная система, информационные технологии, портал.

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрено применение современных информационных технологий в сфере общественного экологического контроля на примере «Федеральной государственной информационной системы общественного контроля природопользования и охраны окружающей среды Российской Федерации» (ФГИС «Наша природа»). Предлагаются варианты совершенствования модулей системы для анализа экологических нарушений и оперативного принятия решений по их устранению.

Введение

В настоящее время проблема экологии природных ресурсов занимает важную роль в современном обществе, так как деятельность человека влияет на экосистему все возрастающими темпами.

Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» предусматривает механизм общественного экологического контроля. В соответствии со статьей 68 Федерального закона «Об охране окружающей среды» общественный контроль в области природопользования и охраны окружающей среды (общественный экологический контроль) осуществляется в целях реализации права каждого на благоприятную окружающую среду и предотвращения нарушения законодательства в области природопользования и охраны окружающей среды. [1]

Внедрение информационных технологий создает условия для развития всех отраслей народного хозяйства. Появляются новые решения, обеспечивающие повышение качества анализа и прогнозирования

поведения экономических объектов и систем [2]. В настоящее время целесообразно проводить разработку современных информационных систем в сфере общественного экологического контроля для улучшения взаимодействия между государственными органами и гражданами РФ. С этой целью Министерство природных ресурсов и экологии РФ запустило в эксплуатацию Федеральную государственную информационную систему общественного контроля природопользования и охраны окружающей среды Российской Федерации «Наша природа» (далее ФГИС «Наша природа»).

Целью исследования является оценка расширения возможностей использования информационных технологий для поддержки общественного экологического контроля природопользования и охраны окружающей среды в России. В качестве инструмента взаимодействия Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (далее РФ) и подразделений министерства с населением в работе будет рассмотрена ФГИС «Наша природа», а также представлены особенности проектирования ее отдельных модулей.

Задачами исследования являются:

1. Описание процесса формирования сообщения об экологическом нарушении пользователем во ФГИС «Наша природа»;
2. Предложение способов совершенствования функциональных возможностей информационной системы;
3. Концептуальное проектирование новой версии модуля Геоинформационной системы (далее ГИС).

Функциональные возможности ФГИС «Наша природа»

ФГИС «Наша природа» предназначена для информирования государственных органов исполнительной власти о правонарушениях в сфере природопользования и охраны окружающей среды, с возможностью подтверждения их фото или видео материалами с указанием точного местоположения нарушения и получения информации о ходе решения правонарушений. Осуществляется обработка информационных сообщений Пользователей системы в области охраны окружающей среды, публикация данных сообщений и отображение результатов принятых мер реагирования уполномоченных органов государственной власти, а также предоставление информации об экологической обстановке в регионах РФ.

На главной странице портала ФГИС «Наша природа» отображаются сообщения Пользователей о нарушениях, статистика работы портала в виде диаграмм, содержащие аналитическую информацию о территориальном расположении зафиксированных и опубликованных сообщениях, а также количественные показатели о статусах сообщений.

Процесс формирования сообщения пользователем состоит из нескольких шагов. Прежде всего, пользователю необходимо зарегистрироваться на портале и активировать созданную учётную запись, далее создать сообщение, определив категорию информации из выборки

возможных вариантов (на данный момент действует единственный вариант «Несанкционированное размещение твёрдых бытовых отходов (свалок)»). Для определения местоположения мусорных отходов используются геопространственные технологии такие, как географическая информационная система (далее ГИС).

Пользователь имеет возможность зафиксировать информацию на ГИС двумя способами:

- указать точку на карте, выбрав субъект РФ, затем муниципальное образование, используя существующую выборку из комбобоксов. Это облегчит поиск необходимой территории, где зафиксировано нарушение;
- зафиксировать точку на ГИС самостоятельно, меняя параметры карты (масштаб, вид карты).

Для наглядного представления и удобного использования создан модуль «Легенда», где пользователь может выбрать те параметры, которые удовлетворяют его запросу. В ГИС существуют такие варианты выборки, как «Границы административно-территориальных образований», «Особо охраняемые природные территории» и «Государственные опытные охотничьи хозяйства». С помощью этих параметров пользователь может увидеть, входит ли его точка, которую он разместил на карте, в особо охраняемую зону. Это может играть важную роль при оперативном принятии решении органов власти, отвечающих за общественный экологический контроль. После фиксирования события на карте необходимо четко и кратко описать суть проблемы, также для более полной информативности сообщения можно добавить соответствующие фотографии и видео экологического нарушения.

Органы государственной и муниципальной власти получают уведомления гражданина и в случае подтверждения факта нарушения осуществляют в пределах установленной компетенции мероприятия по ликвидации данного нарушения.

По итогам ликвидации нарушения пользователь Интернет-портала информируется через личный кабинет либо с использованием смс-оповещения и может оценить работу уполномоченных органов власти как на федеральном уровне, так и на региональном, местном.

Процесс создания и сохранения информационного сообщения о загрязнении Пользователем является достаточно простым в применении. Дальнейшая работа с сообщениями представляет собой поэтапную обработку информации на разных уровнях. Представим этот процесс в виде модели реализованной с помощью IBM Websphere Business Modeler (рис.1.).

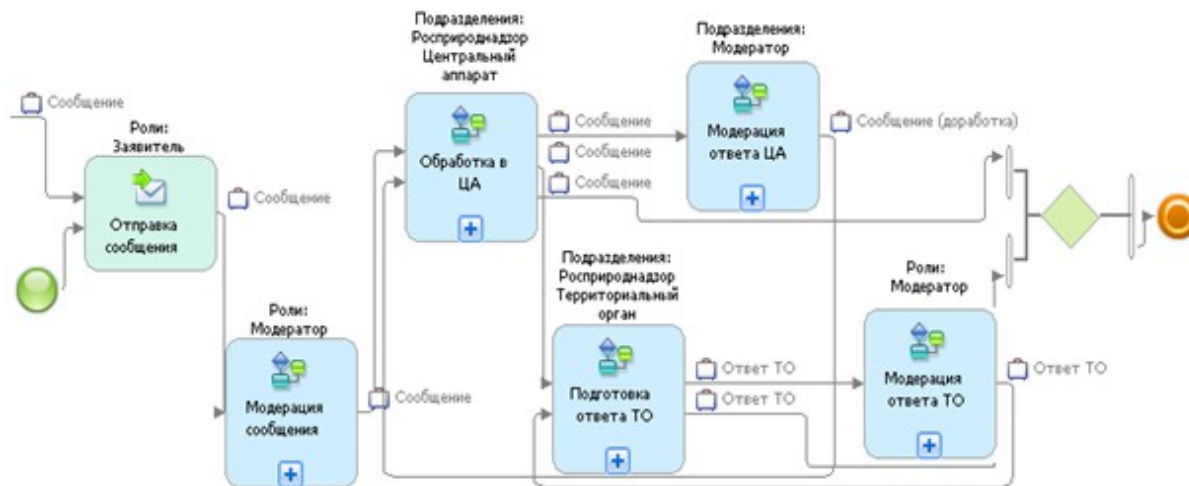


Рис. 1. Процесс обработки

После отправки информационного сообщения Заявителем вступает в силу процесс модерации сообщения. Модератор принимает решение об отклонении/подтверждении сообщения, при подтверждении происходит промежуточная публикация, происходит переход к следующему шагу, а именно к процессу обработки в Центральном аппарате (далее ЦА) Росприроднадзора. Пользователь системы имеет право отклонить сообщение, что приведет к модернизации ответа ЦА. Также есть варианты передачи сообщения субъекту, во внешний ФОИВ, либо назначение исполнителя.

На уровне Территориального органа Росприроднадзора осуществляется Подготовка ответа ТО, при принятии решения о передаче сообщения субъекту или во внешний ФОИВ сообщение переходит на стадию завершения. В случаях отказа, установки срока, а также при устранении несанкционированного размещения твердых бытовых отходов процесс перетекает в дальнейшую модернизацию ответа (рис. 2.).

В зависимости от предыдущего принятия решения пользователем Территориального органа Росприроднадзора один из вариантов модернизации ответа ТО является: при устранении нарушения модератор либо дает подтверждение (происходит завершение этапа), либо отправляет обратно на доработку.

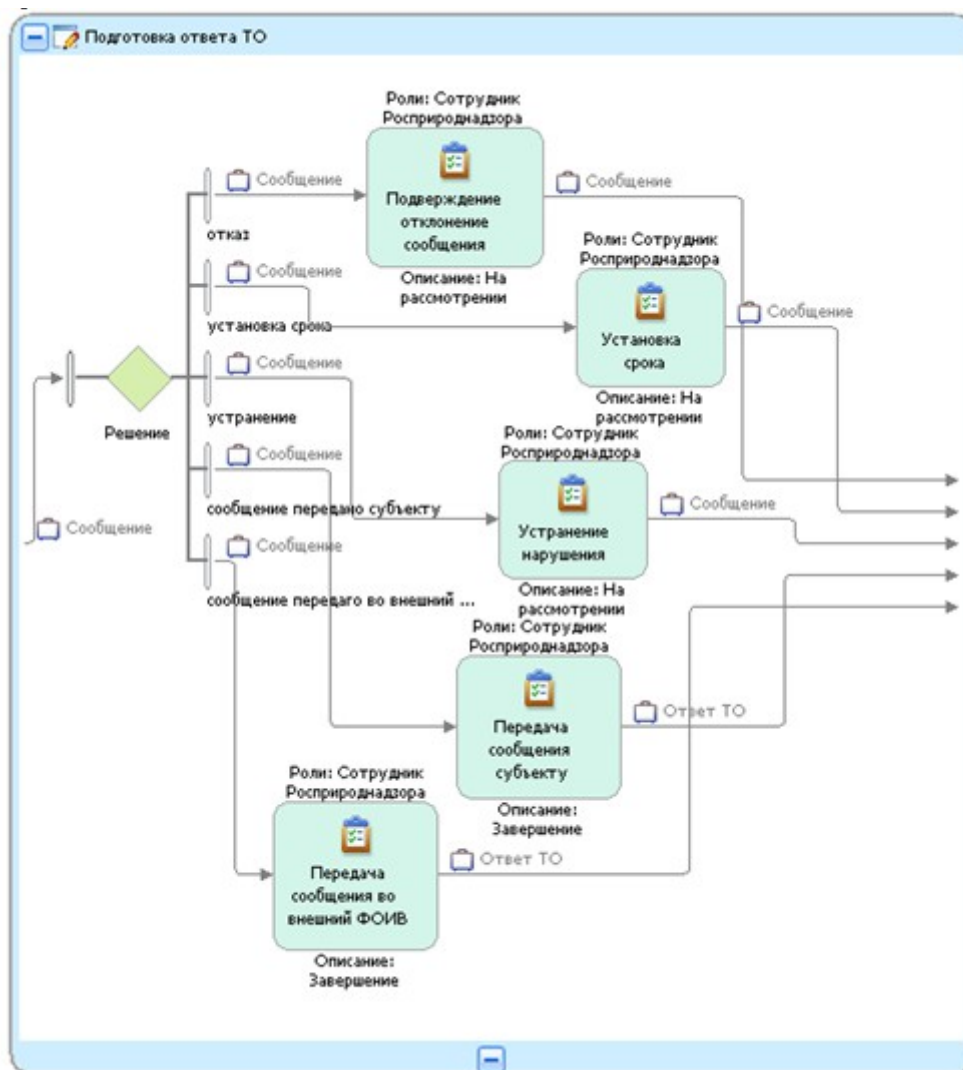


Рис. 2. Подготовка ответа ТО

Назначение модуля «ГИС»

Назначение одного из важных модулей ФГИС «Наша природа» является реализация функциональной возможности использования ГИС для определения местоположения выявленного нарушения. Модуль «ГИС» обеспечивает выполнение функций:

1. Управление ГИС-картой (управление отображением, масштабирование, управление экстендами карты, управление составом отображаемых слоев карты);
2. Публикация атрибутивной информации по объектам на основании пространственного запроса;
3. Поиск и идентификация объектов по местоположению на карте (пространственный запрос);
4. Пространственный запрос на просмотр на карте места ранее зафиксированных сообщений;
5. Получение данных об объекте.

Использование геоинформационной системы позволяет сопоставлять

разнородную информацию (оперативную, статистическую, аналитическую), имеющую картографическую привязку, в целях анализа с помощью единого блока инструментов, а значит, дает возможность проводить совместный анализ информации, невозможный при использовании традиционных инструментов анализа информации по причине поступления информации в различных разрезах.

Главное окно ГИС отображает панель инструментов, которая помогает пользователю провести пространственный анализ с помощью таких методов, как перемещение по карте, пространственный запрос, масштабная шкала и элемент правления подложками (базовыми слоями) [3].

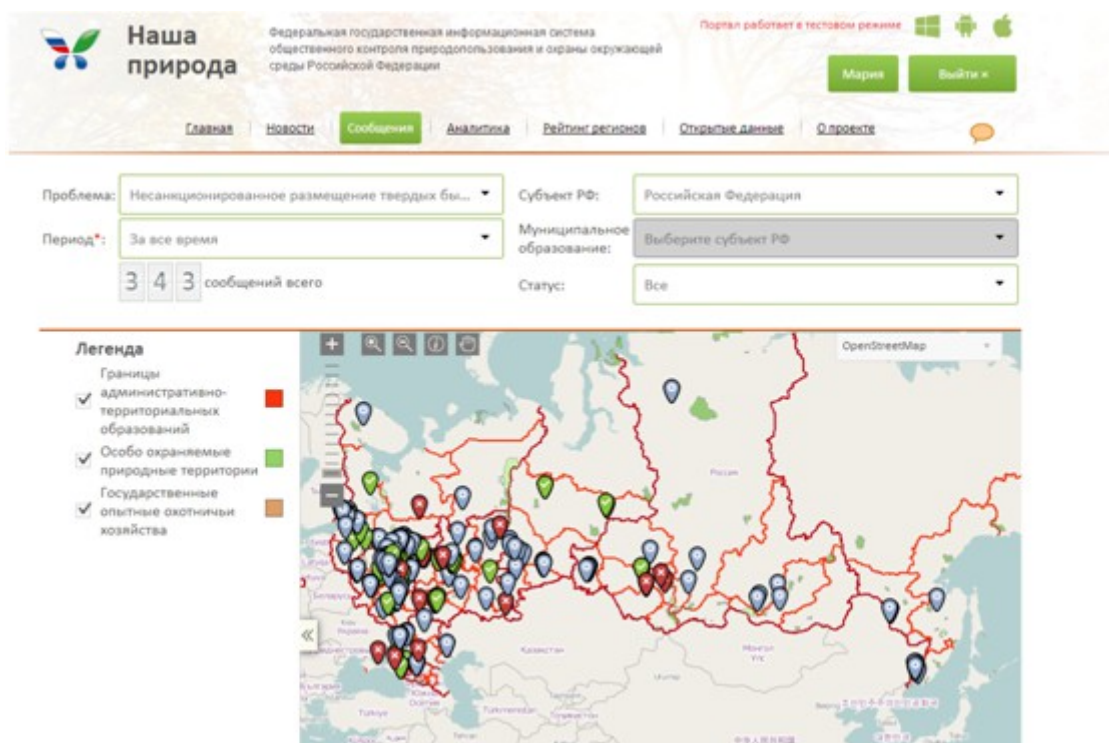


Рис. 3. Раздел «Сообщения»

При переходе в раздел «Сообщения» отображается ГИС с фильтрами для поиска сообщений. Комбинированные списки «Субъекты РФ», «Муниципальное образование» позволяют пользователям найти необходимые данные по территориальной привязке. При выборе Федерального округа отображаются границы федерального округа и границы субъектов, относящихся к выбранному округу. При выборе субъекта РФ отображаются границы субъекта и границы муниципальных округов, относящихся к выбранному субъекту. При выборе муниципального образования отображаются границы только выбранного МО и субъекта, к которому он относится.

При выборе значения «Завершено» на карте отобразятся сообщения со статусом «завершено» (сообщения, переданные ФОИВ, сообщения, переданные в субъект, Сообщения с устранением нарушения).

При выборе значения «В работе» на карте отобразятся сообщения со статусом «в работе» (сообщения, прошедшие обработку в кабинете Центрального аппарата РПН, и переданные для дальнейшего рассмотрения в кабинет Территориального органа РПН).

При выборе значения «На рассмотрении» на карте отобразятся сообщения со статусом «на рассмотрении» (сообщения, прошедшие первичную модерацию, опубликованные на портале и переданные для дальнейшего рассмотрения в Центральный аппарат РПН).

При выборе значения «Отклонено» на карте отобразятся сообщения со статусом «отклонено» (сообщения, отклоненные Центральным аппаратом РПН или Территориальным органом РПН, которые подтверждены модератором).

Поиск по статусам сообщений осуществляется как по одному, так и по группе выбранных атрибутов.

Также сообщения можно сортировать по временным показателям.

На карте расположено поле с выпадающим списком для выбора подложки. По умолчанию отображается карта ArcGIS с подложкой OpenStreetMap. Также есть выборка «Карта Google», «Гибрид Google», «Карта Bing», «Гибрид Bing», а также карты «Минприроды России».

«Легенда» является важной составляющей Модуля «ГИС», содержащая выборку между «Границы административно-территориальных образований», «Особо охраняемые природные территории», а также «Государственные опытные охотничьи хозяйства». С помощью чекбоксов можно отобразить необходимые показатели на карте.

Модуль ГИС реализован с использованием сервера ArcGI. Для хранения информации в базах данных применяется СУБД Oracle Database 11g R2 Enterprise Edition и PostgreSQL 8.4.

Особенности платформы ArcGIS

ArcGIS Server 10.1 предоставляет удобную платформу для создания корпоративной геоинформационной системы, предназначенную для совместного использования географической информации неограниченным числом пользователей.

Основные функциональные возможности ArcGIS Server:

- управление данными (создание централизованной базы геоданных на основе СУБД с возможностью одновременного подключения неограниченного количества пользователей и редакторов;
- имеет инструментальные средства для создания высоко функциональных веб-приложений для отображения картографических данных и создания веб-карт;
- содержит инструменты и элементы управления, позволяющие выполнять стандартные функции веб-карты: изменение масштаба, перемещение карты, получение информации об объектах, измерение расстояния, поиск адреса, поиск по атрибутам, печать карты;

- редактирование пространственных данных (редактирование атрибутов объектов, добавление, изменение и удаление точек, линий и др.);
- обладает средствами для создания географического информационного узла инфраструктуры пространственных данных любого типа и уровня с поддержкой международных стандартов;
- возможность использования готовых шаблонов для создания мобильных приложений, который может быть настроен под конкретные задачи.

Проект оптимизации модуля ГИС

В настоящий момент электронная система работает в тестовом режиме и применяется в основном для ликвидации несанкционированного размещения твёрдых бытовых отходов.

Проектные решения должны обеспечивать увеличение количества одновременно работающих пользователей без ущерба для надежности и скорости работы, наращивание, как производительности так и функциональных возможностей системы. Развитие модулей ФГИС «Наша природа» должно обеспечиваться посредством создания новых модулей и модернизация существующих в зависимости от новых требований заказчика.

Необходимо расширить возможности ФГИС «Наша природа» по той причине, что есть и другие экологические нарушения помимо проблемы существования свалок мусора. Это прежде всего загрязнение водных ресурсов, расположенных на территории РФ, которые возникают в следствии выброса токсичных веществ в воду, разлива нефтепродуктов, расположения незаконных скотомогильников вблизи водоёмов и т.д. Данные нарушения не только влияют на качество воды, делаю её непригодной для питья, но также влияют на флору и фауну, разрушая экосистему, что может привести к необратимым последствиям.

Также необходимо обратить внимание и на такие факторы, как незаконная вырубка лесных ресурсов, строительство в природных зонах.

На основании вышеперечисленных предложений смоделирована новая версия Модуля «ГИС», включающая другие показатели экологического контроля (рис. 4).

Сформированы новые чекбоксы:

- Несанкционированное размещение твердых бытовых отходов (свалки);
- Появление на поверхности воды пленок нефтепродуктов, пены, масел, жиров, скопление других примесей и загрязнений;
- Разлив нефти и нефтепродуктов;
- Массовая гибель рыбы, моллюсков, раков и др. организмов;
- Загрязнение атмосферного воздуха опасными веществами;
- Незаконная вырубка лесных ресурсов;

- Незаконное размещение скотомогильников.

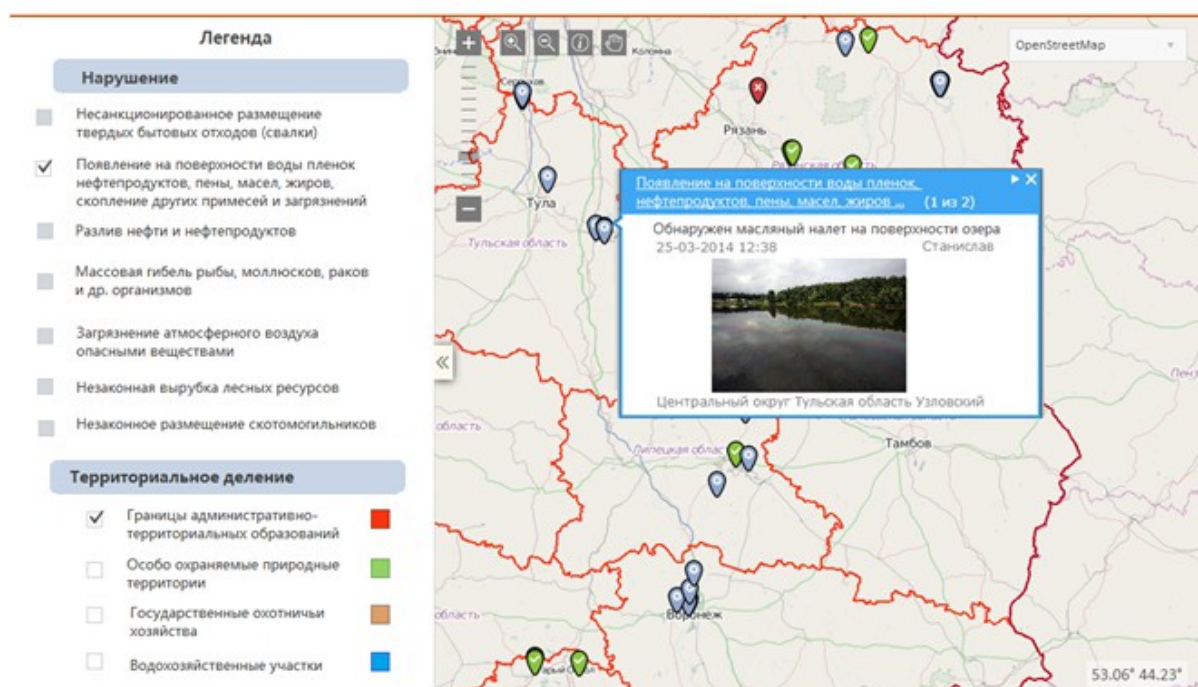


Рис. 4. Новая версия Модуля «ГИС»

При выборке одного типа нарушения остальные показатели не доступны, данный способ позволяет сохранить первоначальную структуру статусов сообщений (на рассмотрении, в работе, завершено, отклонено), которые отображаются на карте.

При нажатии на иконку события на карте отображается информационное окно. Более удобная форма представления информации позволяет пользователям системы видеть к какому типу относится конкретное событие, фотографии нарушения и др.

Заключение

Конечной целью создания ФГИС «Наша природа» является создание постоянно действующего механизма повышения прозрачности работы контрольно-надзорных органов, обеспечения их публичной подотчетности, снижения сроков принятия решений и проведения мероприятий, направленных на ликвидацию последствий нарушений в сфере экологии [4].

Проведенное исследование и выявление основных особенностей функционирования системы ФГИС «Наша природа» позволили смоделировать обновленное представление модуля «ГИС». В качестве таких изменений можно выделить добавление выборки видов нарушений связанных с загрязнением водных ресурсов опасными веществами, незаконной вырубкой лесных ресурсов и др. Новая версия ФГИС «Наша природа» позволит пользователям не только фиксировать незаконное размещение твердых бытовых отходов, но сообщить в соответствующие контролирующие органы о различных других нарушениях.

Система должна стать эффективным механизмом повышения прозрачности работы уполномоченных государственных органов исполнительной власти, обеспечить их публичную отчетность, снизить сроки принятия решений и проведения мероприятий, направленных на ликвидацию последствий выявленных нарушений, а также позволить обществу оценивать результативность деятельности государственных органов власти.

Литература

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecostaff.ru/novosti>.
2. Васильева Е.В., Терехова А.Е. Какие специалисты в области ИТ востребованы на рынке труда // Вестник Университета (ГУУ) (№16) - М.: ГУУ, 2013, с. 13-21.
3. Хуснетдинова В.Р. Геоинформационные системы в экологии // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2014. – № 8. – С. 174-177.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://priroda-ok.ru>.

Вэй Ян Лвин

Национальный исследовательский университет (МИЭТ),
Москва, Россия, waiyanlwin49@gmail.com

Алгоритмы работы многофункционального комплекса БПЛА

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Беспилотный летательный аппарат, система автоматического управления и контроля.

АННОТАЦИЯ

В последние годы широкое применение нашли беспилотные летательные аппараты (БПЛА), предназначенные для получения и переработки информации и исполнения команд управления. Разработка методов проектирования систем автоматического управления БПЛА, изменяющих параметры движения в зависимости от воздействий, действующих на объект управления, требует решения ряда научно-технических проблем, связанных с разработкой принципов и алгоритмов управления в автоматическом режиме, анализа и многофункционального комплекса системы автоматического управления БПЛА.

Введение

Управление БПЛА обеспечивается бортовыми цифровыми устройствами с использованием алгоритмов управления и контроля, применением систем встроенного контроля состояния техники в полете. При синтезе и технической реализации системы управления полетом учитываются требования надежности и эксплуатационной пригодности. В данной работе рассмотрены алгоритмы работы многофункционального комплекса беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

4.РУ= Радиоуправление;

5.ББПД= Блок беспроводной передачи данных;

6.ПУМ= Переключающее устройство мультиплексирования между wireless и приемо-передающей аппаратурой 72MHz.

На рис.1 представлена структурная схема системы управления и контроля наземной станции с БПЛА. Система используется для приёма-передачи сигналов. Переданные сигналы могут быть сигналами фазово-импульсной модуляции (ФИМ), или сигналами импульсно-кодовой модуляции (ИКМ). ФИМ также подразделяется на категорию частотной модуляции (FM). Рабочая частота для БПЛА с помощью РУ 72 МГц или 2,4 ГГц. Частота обычно устанавливается для передатчика / приемника с помощью РУ и каждый раз можно передать до восьми каналов сигналов

ФИМ. Блок беспроводной передачи данных (ББПД) обеспечивает рабочую частоту 4 ГГц, 500мW 9dBI omni. Переключающее устройство (ПУМ) между wireless и приемо-передающей частью использует частоту 72MHz. Второй приемо-передающий модуль на контрольной наземной станции состоит из Wi-Fi восходящей линии связи с БПЛА, аналоговых приемников для видеоканала от NAVCAM и R-CAM, станции пилота, включающей ноутбук и управление полётом, станции специалиста полезной нагрузки: ноутбук и камера управления. Диапазон Wi-Fi рассчитан на расстояние -10 миль, диапазон NAVCAM - 9 миль, диапазон R-CAM - 7 миль, диапазон режиме ожидания GPS - 20 миль. На рис 2 приведен алгоритм работы многофункционального комплекса БПЛА.

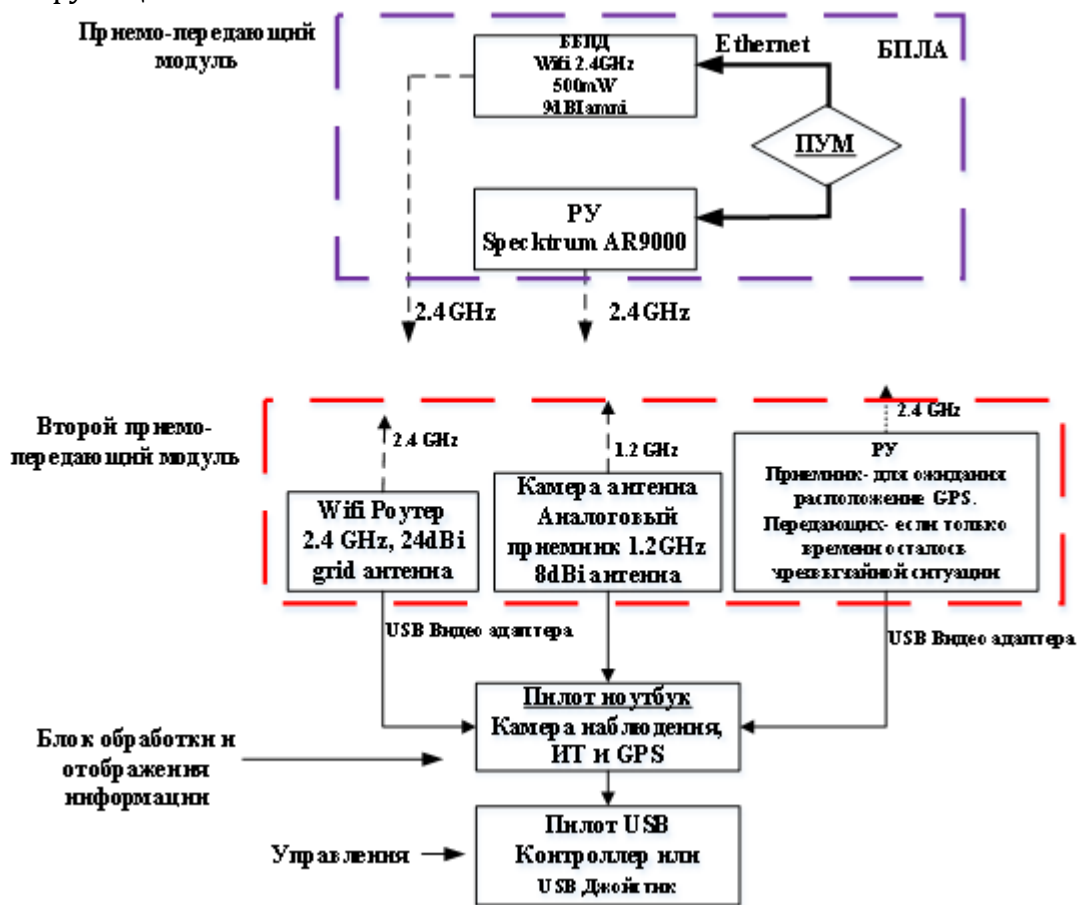


Рис.1. Структурная схема системы управления и контроля наземной станции с БПЛА.

- 10.Ап- Автопилот
- 11.Ак- Акселерометра
- 12.Мг- Микрогироскоп
- 13.НС- Наземная станция
- 14.М1 и М2- Мотора

Согласно алгоритму работы БПЛА каждый из контролеров (автопилот, акселерометр и микрогироскоп) после их включения начинают вырабатывать сигналы. Используя информацию от датчиков оценки, рассчитывается сигнал, получаемый от каждого контролера. Входной

сигнал формируется для каждой оси акселерометром, в тоже время сигнал формируется для каждой оси микрогироскопом, затем сигналы поступают на аналого-цифровой преобразователь и преобразуются в цифровой сигнал. Затем микроконтроллер сравнивает каждую оценку сигнала, где x или y меньше нуля сигнала. Если оценка меньше нуля, то вал двигателя вращается по часовой стрелке, а если оценка больше нуля, вал двигателя вращается против часовой стрелки, обрабатывая необходимые углы. Задача микропроцессорной системы управления постоянно контролировать, перераспределять и управлять процессом поступления необходимой информации.

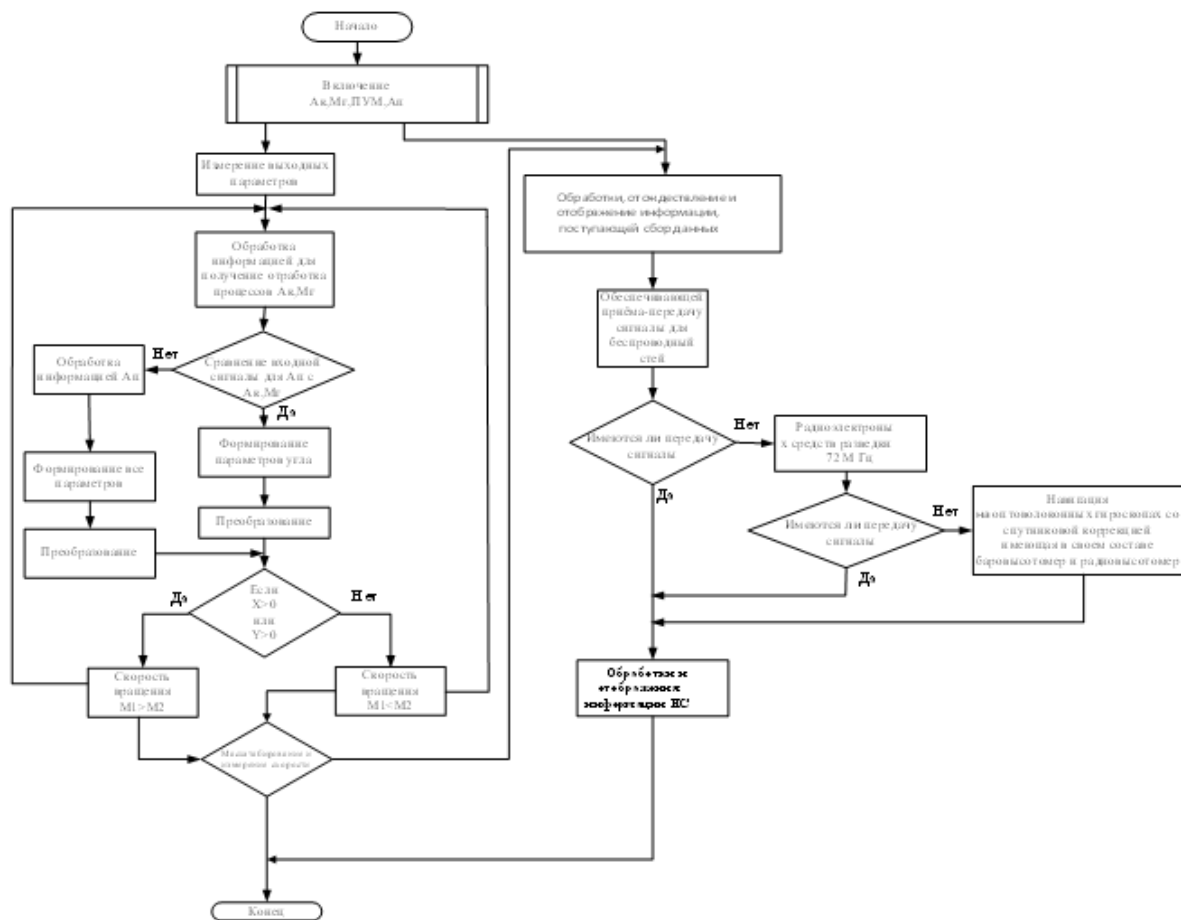


Рис. 2. Алгоритм работы многофункционального комплекса БПЛА

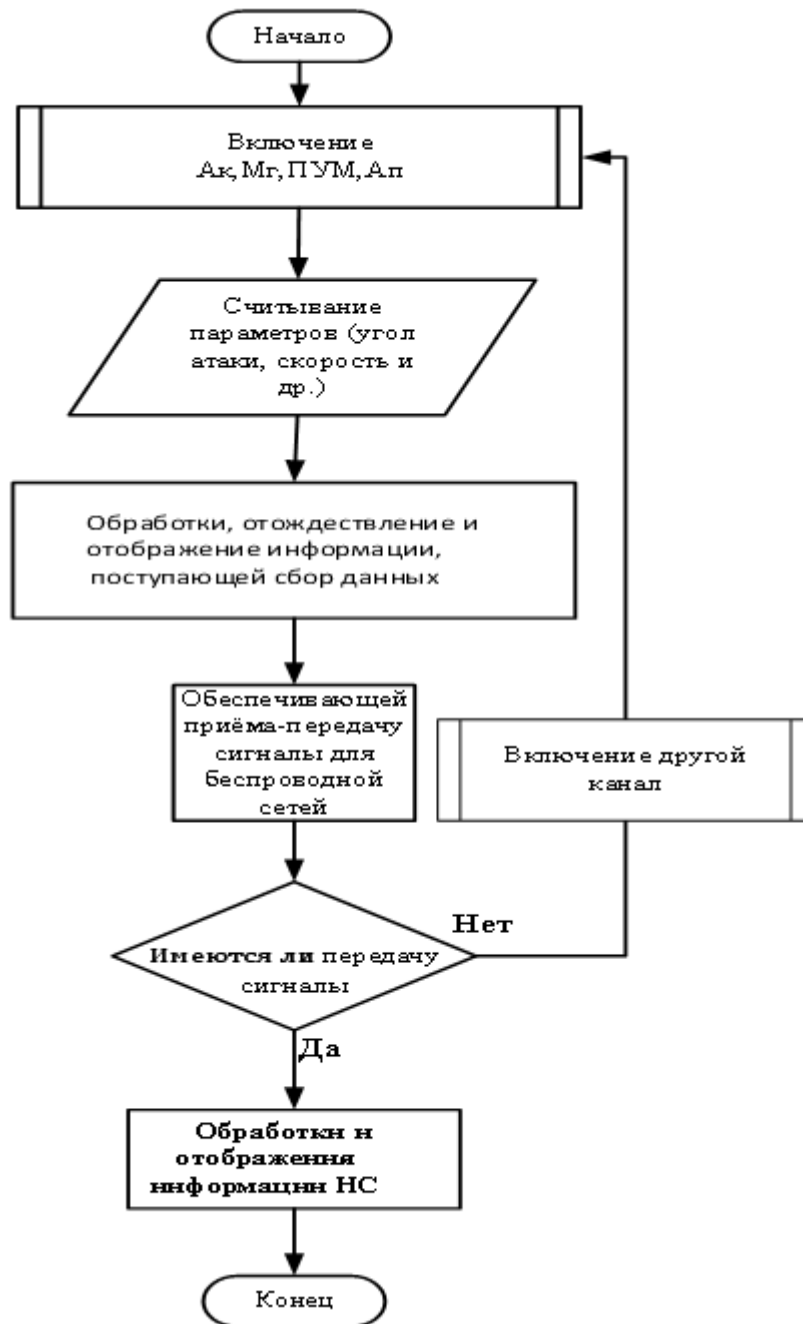


Рис.3. Алгоритм перераспределения пути для беспроводной сетей

На рис.3,4 и 5 представляет алгоритм перераспределения пути для беспроводной сети, радиуправления и навигации. После включения РУ, навигации и беспроводной сети система управления проверяет уровень сигналов. Если уровень сигнала меньше требуемого, то система управления включает канал РУ. При этом каждый шаг добавления сигнала тщательно проверяется и регистрируется до достижения необходимого уровня.

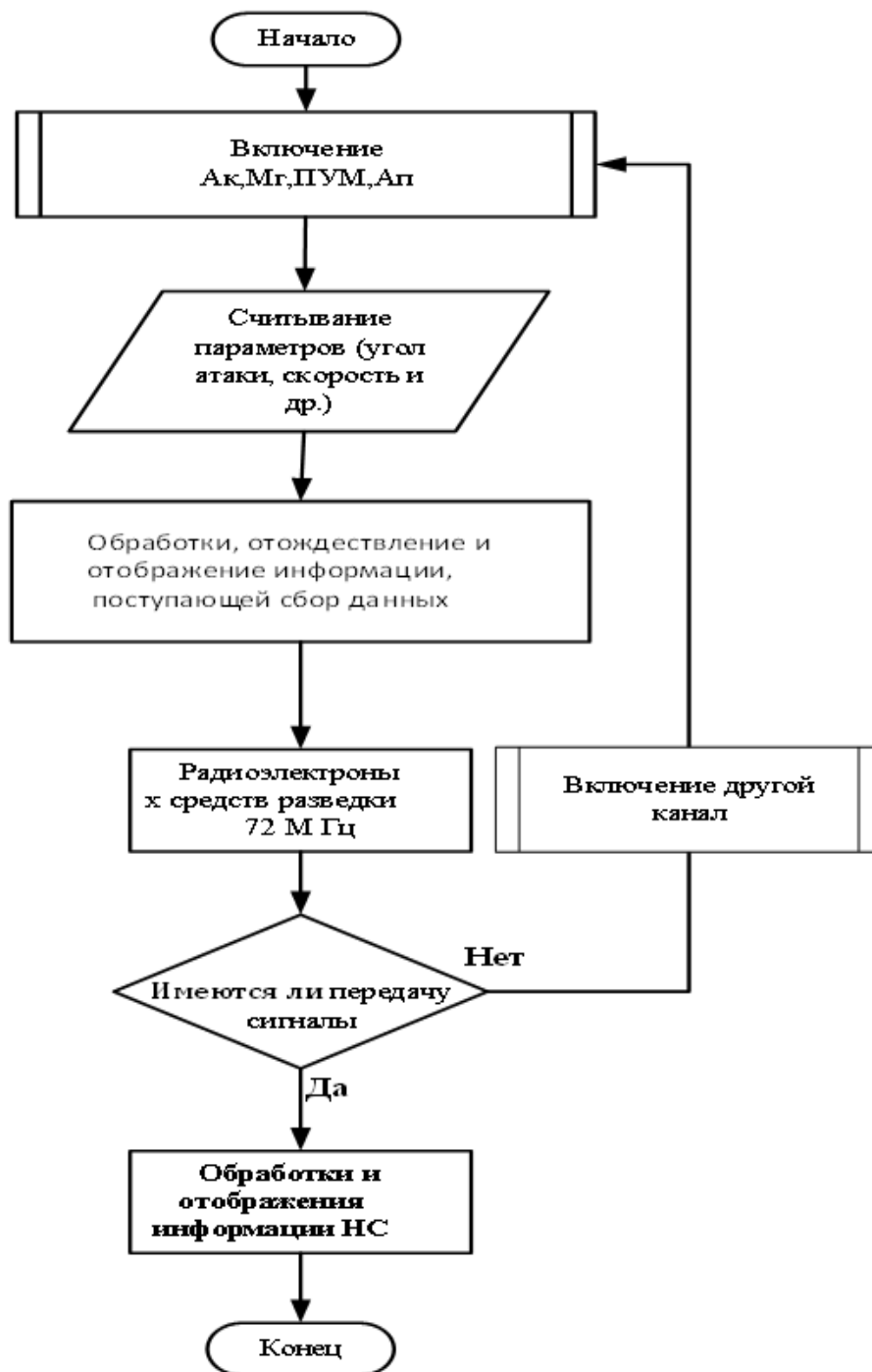


Рис.4. Алгоритм перераспределения пути для радиоуправления

В данной работе мы разработали условия алгоритмы работы многофункционального комплекса БПЛА и как осуществляется взаимодействия между БПЛА и контрольной наземной станцией. Бесплатформенная система навигации на оптоволоконных гироскопах со спутниковой коррекцией имеет в своем составе баровысотомер и радиовысотомер.

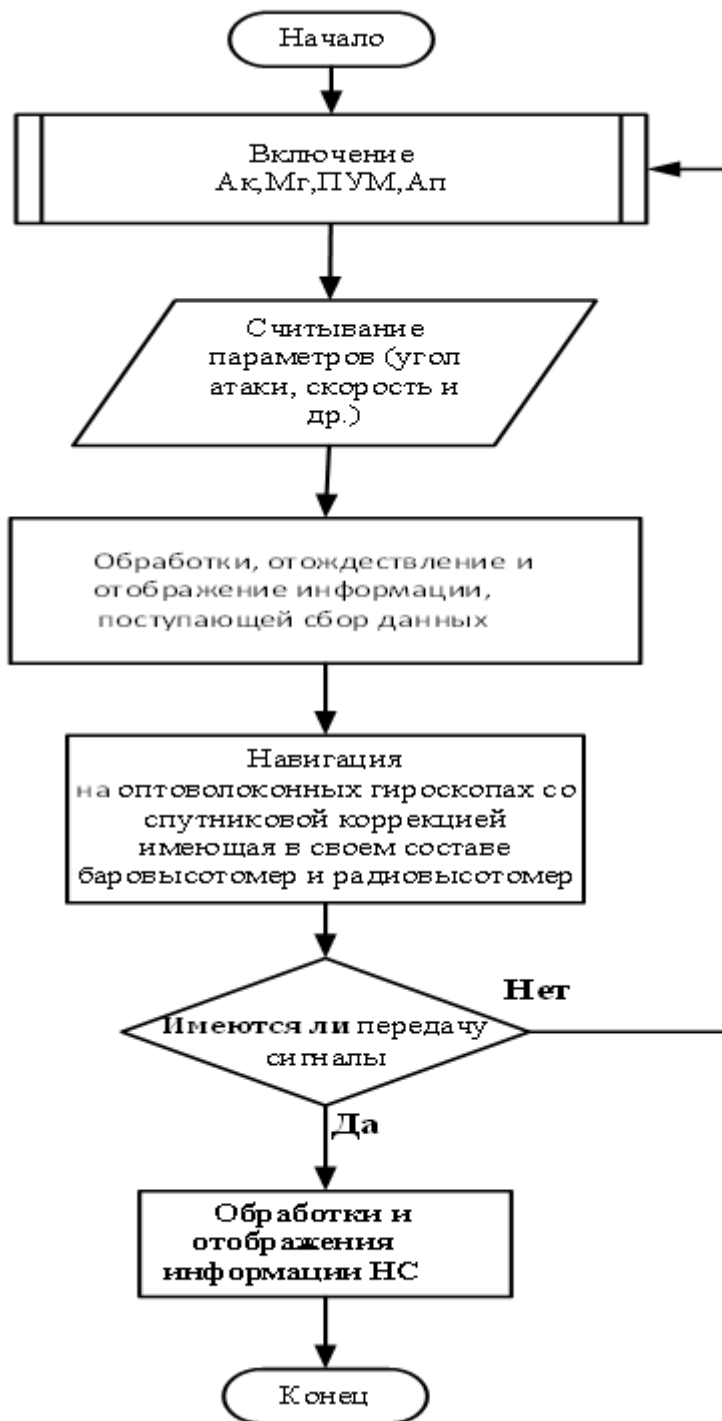


Рис.5. Алгоритм перераспределения пути для навигации

Литература

1. Вэй Ян Лвин. Выбор и обоснование структуры бортовой системы управления беспилотным летательным аппаратом. – М.: НИУ(МИЭТ), 2014г., – с147.
2. William Runge. Flight Readiness Review. Rocket-launched Reconnaissance UAV 2008-2009 USLI Team. – США.: Вандербильта, TN37235, 2009г., – с 23-26.

Селезнева О.В.¹, Николаев А.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, аспирант факультета прикладной математики – процессов управления

² Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, выпускник-магистр факультета прикладной математики – процессов управления

Сравнение алгоритмов выделения связных областей, реализованных с использованием платформы CUDA

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

CUDA, ccl, выделение связных областей.

АННОТАЦИЯ

Существует ряд задач, для которых необходимо разбить изображение на связные области. В большинстве существующих алгоритмов выделения связных областей есть существенный недостаток – скорость работы для изображений больших размерностей. В данной статье будут рассмотрены два алгоритма выделения связных областей и их модификации для ускорения работы с использованием платформы CUDA (Compute Unified Device Architecture).

В качестве входных данных будет выступать бинаризованный массив (рис. 1а). Желаемый результат работы алгоритма представлен на рис. 1б.

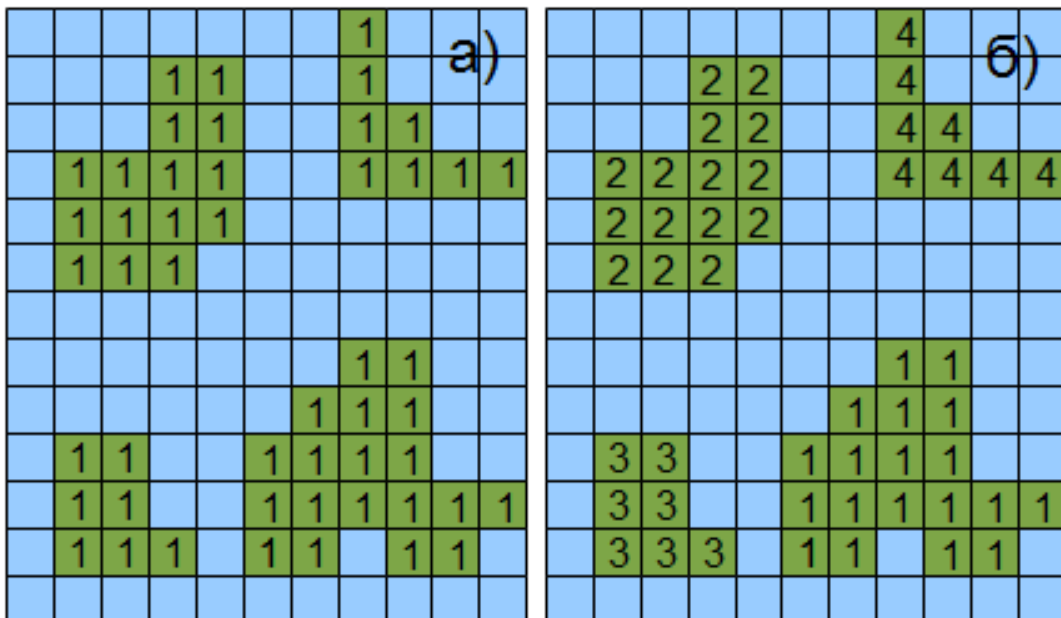


Рис.1. а) — бинаризованное изображение, б) — изображение с размеченными объектами

Будем считать, что область пикселей является связной, если для

любого пикселя из этой области существует сосед, имеющий с данной точкой общее ребро (4-связность).

Для решения этой задачи были выбраны два достаточно простых алгоритма, впоследствии адаптированных для параллельных вычислений.

Метод выделения связных областей, основанный на жадном алгоритме обхода

Проблему выделения связных областей можно рассмотреть с точки зрения задачи обхода графа. В качестве звеньев графа выступают точки массива, а соединяющее звенья ребро соответствует ребру принятых за соседние точки. Изначально все элементы, значения которых равно 1, должны быть перенумерованы в соответствии с их положением в массиве. Далее необходимо, пройдя по соседним точкам, дойти до той, чье значение потом будет распространено на все точки области, например, это может быть точка с максимальным значением.

Идея жадного алгоритма заключается в принятии локального оптимального решения на каждой итерации. Поэтому на каждом этапе для элемента c_{i_1, j_1} мы ищем такого соседа c_{i_2, j_2} , значение которого будет больше чем значения всех других соседей и самого c_{i_1, j_1} . Затем рассматриваются соседи найденного элемента c_{i_2, j_2} . Эти действия продолжаются, пока не найдётся такой элемент c_{i_n, j_n} , что все его соседи будут меньше, чем он сам. В итоге получаем цепочку $c_{i_1, j_1}, c_{i_2, j_2}, \dots, c_{i_n, j_n}$, первый элемент которой c_{i_1, j_1} – необходимо заменить на последний элемент – c_{i_n, j_n} . Эти действия выполняются для каждой точки заданного массива. Для всех элементов должна быть проверка на возможность выхода за границы изображения. Такой алгоритм не обеспечивает полного обхода и перенумерации всех элементов массива за один раз. Поэтому необходимо ввести переменную *isChanged*, отвечающую за эффективность выполнения метода. Перед каждым проходом, значение этой переменной обнуляется. Если хоть для одной точки была произведена замена значения, то *isChanged* присваивается значение 1. После прохода по всем точкам проверяется значение переменной *isChanged*:

- 1 – производится повторный проход по всем точкам;
- 0 – считается, что все элементы изображения были перенумерованы.

Модификация первого метода

Простота описанного выше алгоритма обеспечивает возможность его эффективного распараллеливания: сопоставим каждому элементу массива поток графического адаптера. Ядро алгоритма будет выполняться для каждой точки параллельно и на каждой итерации цикла производить сравнение с соседними элементами, переходя на элемент с большим значением. Остановка цикла происходит при попадании в точку, соседи которой не превышают её значения. После остановки значение в найденной точке записывается в начальную точку. Повторное выполнение ядра

определяется через значение переменной *isChanged*. Количество повторов может быть достаточно большим, поэтому вместе с только что описанным ядром можно запускать ядро, имеющее похожий принцип работы, но вместо того, чтобы проходить по цепочке элементов, в нём сравниваются только соседи и запись происходит на первой и единственной итерации. При этом происходит небольшая «встряска» элементов, что убирает возможность зацикленных и изолированных ситуаций.

Алгоритм, основанный на использовании маски.



Рис.2. ABC маска и направление последовательного сканирования изображения

Вторым рассматриваемым в данной статье методом будет однопроходный, не рекурсивный алгоритм, идея которого основана на использовании маски в виде уголка, как показано на рис. 2. Входными данными для этого алгоритма выступает бинаризованный массив. Проход по массиву изображения маской осуществляется слева направо и сверху вниз, при этом на границе изображения необходима дополнительная проверка на выход за пределы изображения. На рис. 3 изображены пять различных положений маски на изображении:

- 0 – все три компонента маски попадают на неразмеченные точки, в этом случае пиксель пропускается;
- 1 – размеченным является только элемент А. В этом случае на текущее место записывается новый уникальный номер (считается, что нашли новый объект);
- 2 – размеченным является элемент В. В этом случае текущий элемент А помечается меткой находящейся в В;
- 3 – размеченным является элемент С. В этом случае текущий элемент А помечается меткой находящейся в С;

- 4 - размечены элементы В и С, эквивалентные друг другу. В этом случае объект помечается как С. Если В не равно С, то перенумеровываются все уже обработанные пиксели, помеченные как В и их значение становится равным значению в метке С.



Рис.3. — Пять возможных позиций ABC-маски

Модификация второго алгоритма

Для иллюстрации работы возьмём большое изображение, представленное на рис. 4. Для наглядности, части изображений с разными индексами будем обозначать разным цветом.



Рис.4. Бинаризованное изображение

Для эффективного применения распределённых вычислений необходимо разделить общую задачу на подзадачи. Для этого исходное изображение разделим на сектора, каждый из которых будет обрабатываться в отдельном потоке. В качестве алгоритма, используемого для выделения связных областей необходимо взять такой, который будет максимально быстро работать на небольших массивах, например, такой, как описан в предыдущем пункте.

Введём понятие уникального идентификатора потока:

$$UID = threadIdx.x + blockDim.x * blockIdx.x.$$

Каждый такой UID будет представлять собой уникальный номер соответствующей подзадачи. На рис. 5 Представлено разбиение исходного изображения на сектора. Каждому сектору изображения соответствует определённое значение UID .

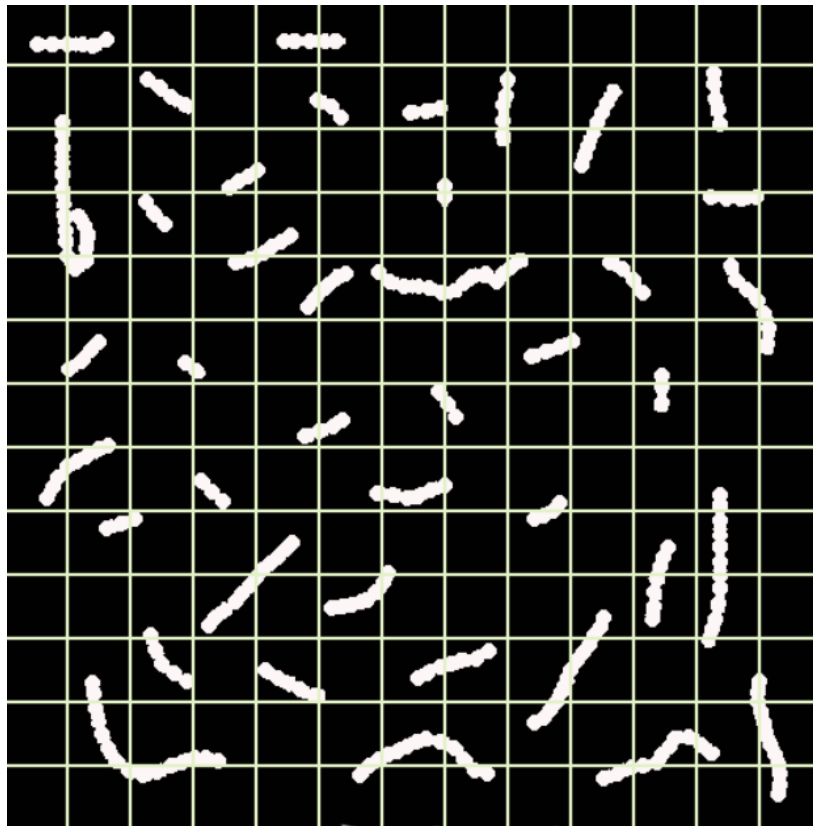


Рис. 5. — разбиение изображения на сектора

В каждом потоке будут обрабатываться пиксели в пределах соответствующего сектора. Затем потребуется объединить обработанные сектора в целостное изображение.

Применим для каждого сектора выбранный алгоритм разбиения. Все найденные связные области должны быть обозначены уникальными индексами не только в пределах сектора, но и между всеми секторами изображения. Поэтому номера для каждого нового найденного объекта рассчитываем по формуле:

$$Id = UID * MaxCount + i,$$

где *MaxCount* – максимально возможное число объектов в секторе, задаётся таким образом, чтобы множества индексов объектов из разных секторов не пересекались (здесь это половина площади сектора); *i* – некоторый индекс, высчитываемый в самом алгоритме выделения связных областей.

Применение алгоритма, в соответствии с вышеуказанными правилами представлено на рис. 6.

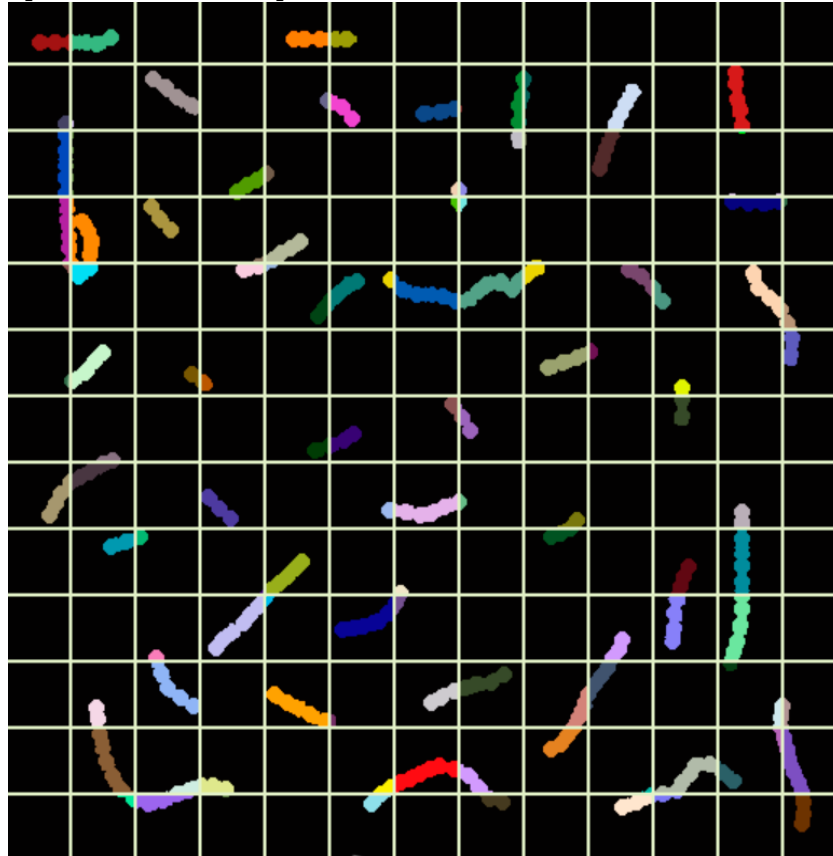


Рис.6. — Распределение индексов в секторах

Теперь в пределах каждого сектора связные области выделены одним цветом, несвязные — разными. Скорость работы для каждого сектора можно грубо оценить как $O(n^3)$, что меньше в $(imageSize.x / n) * (imageSize.y / n)$ раз, чем скорость выполнения алгоритма для всего изображения.

Полученный выше результат необходимо объединить, для этого можно просто пройтись по пикселям «сетки» и проверить, являются ли связными пиксели разных цветов, если являются, то оба цвета представляют один объект, и один из цветов заменяется на другой. И данную задачу можно также распараллелить. Для этого в каждом потоке можно вычислить отдельно, какие точки необходимо соединить в каждом из секторов, сначала по горизонтали, затем по вертикали, и сразу же «перекрасить» в пределах выбранного сектора. В качестве цвета по умолчанию берётся тот, у которого значение *UID* меньше. За один проход нельзя правильно перекрасить всю картинку, для этого введём вспомогательную переменную *isChanged*, отвечающую за то, были ли произведены какие-нибудь изменения в каком-нибудь секторе или нет –

если были, то *isChanged* = 1, если нет, то она остаётся прежней (перед каждой итерацией *isChanged* обнуляется).



Рис.7. Результат объединения соседних секторов

Вычисления будут выполняться до тех пор, пока *isChanged* не останется неизменной (= 0), т.е. пока все соседние точки по всей сетке не будут иметь одинаковый цвет. Результат работы представлен на рис.7.

Сравнение описанных алгоритмов

В качестве тестовых были взяты изображения, показанные на рис. 8. Замеры проводились для графического адаптера GeForce GTX 470.

Результаты показывают, что оба алгоритма работают с допустимой скоростью, причём для зашумленных изображений быстрее оказался второй, а первый – на чистых изображениях. Однако, ввиду большей требовательности ресурсов, применение второго алгоритма может оказаться необоснованно дорогим, и длительность обработки зашумленных изображений компенсируется дешевизной первого алгоритма, который становится фаворитом для решения поставленной задачи.

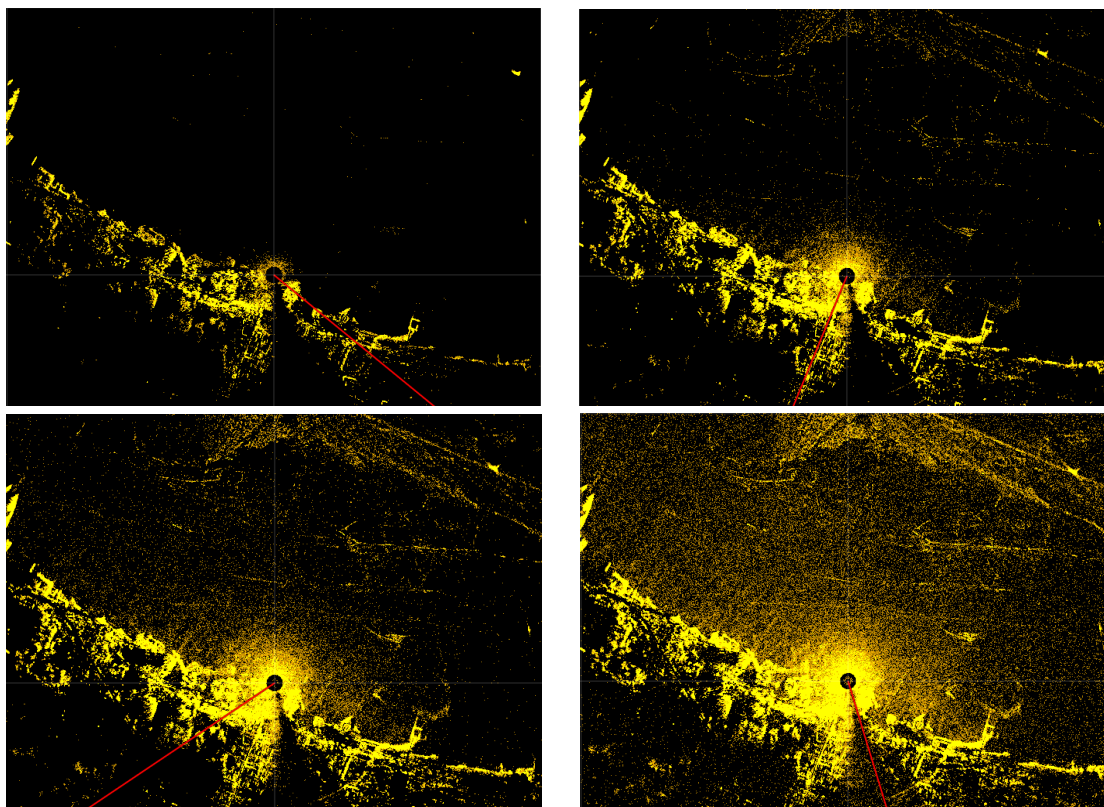


Рис.8. Тестовые изображения

Таблица 1. Время работы алгоритмов

Рисунок	Время работы первого алгоритма, ms.	Время работы второго алгоритма, ms.
1	1154	1392
2	1973	2022
3	2498	2487
4	3575	3360

Литература

1. Джейсон Сандерс, Эдвард Кэндрот - Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров / Джейсон Сандерс, Эдвард Кэндрот. — М.: ДМК Пресс, 2011.
2. Томас Х. Кормен и др. Глава 16. Жадные алгоритмы // Алгоритмы: построение и анализ = INTRODUCTION TO ALGORITHMS. — 1-е изд. — М.: Московского центра непрерывного математического образования, 2001. — С. 889-892. — ISBN 5-900916-37-5.
3. Bedrich Benes, Ondrej Stava, Radomir Mech, and Gavin Miller, Guided Procedural Modeling, in Computer Graphics Forum (Eurographics), 2011. pp:325-334.

Абдушукуров Д.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, факультет прикладной математики и процессов управления, аспирант кафедры компьютерного моделирования и многопроцессорных систем, Dmitriy.abdu@gmail.com

Параметрический анализ допустимых ошибок параметров в системах управления устройствами ускорения и фокусировки заряженных частиц

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Компьютерное моделирование, вычислительные ресурсы, системы управления динамическими объектами, допуски, программирование, пакеты программ, распараллеливание, EPICS, Virtual Accelerator.

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся методы оценки допустимых ошибок в параметрах элементов систем управления заряженными частицами. Показаны два способа статистический и аналитический нахождения допусков с использованием математического аппарата, позволяющего упростить написание программ и осуществлять распараллеливание этих задач.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современной науки, тесно связано с использованием ионно-оптических систем. Сегодня бурно развивается ядерная медицина, лечение многих болезней стало возможно после появления адронной терапии, в фармацевтике успешно применяются методы получения лекарственных средств с использованием ускорителей элементарных частиц. В электронике, электротехнике, материаловедении и многих других отраслях они также получили большое распространение. Реализация такого рода систем является довольно сложной задачей. В свою очередь сегодняшний день диктует новые требования и ставит новые задачи, которые требуют перехода на все новые уровни реализации этих систем. Новые задачи, такие как высокоточная фокусировка пучка заряженных частиц, максимальное уменьшение размеров пучка (до нанометров), строгое формирование пучка заряженных частиц, ускорение с высокой точностью конечной энергии, и другие, ставят сложные задачи как перед процессом моделирования, так и перед системами управления подобными установками.

Подобные системы представляют собой сложные динамические системы, моделирование которых является сложной задачей. Сложность обусловлена тем, что подобные системы сложны (имеют большое число

элементов) и высокопрецизионны. Также управление ими невозможно производить в реальном времени учитывая скорости управляемого объекта, а только лишь от одного сеанса работы к другому. Свойство высокопрецизионности является одним из основных ограничивающих факторов на допуски в отклонениях параметров элементов системы управления пучками частиц от оптимальных. Таким образом, незначительное на первый взгляд отклонение параметров элементов системы приводит к возникновению ряда проблем в работе всей системы в целом [1],[2]. Перечисленные условия накладывают особые ограничения на процесс и методы моделирования.

Современные информационные технологии и программные комплексы позволяют решать задачи моделирования. Так, к примеру, концепция Виртуального ускорителя (Virtual Accelerator) представляет собой онлайн симулятор ускорителя заряженных частиц, созданный для симуляции поведения пучка и его мониторинга в действующих и проектируемых ускорителях. Данную концепцию виртуального ускорителя, возможно осуществить основываясь на специальных системах управления и контроля (см., например, Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) [3]).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для корректной постановки задачи необходимо сделать несколько важных замечаний. Системы управления ускорителями заряженных частиц, не управляют непосредственно самим объектом управления (пучком заряженных частиц) напрямую, а лишь элементами ускорительной системы. Условие управления системой от сеанса к сеансу играет очень важную роль в правильной формализации задачи, что в настоящее время часто выражается в концепции Виртуальный ускоритель [3].

ВИДЫ И ПРИРОДА ОШИБОК

Системы транспортировки пучка заряженных частиц, представляют собой сложные многосоставные, часто высокопрецизионные системы. Количество объектов в подобных системах может варьироваться от нескольких объектов в простых устройствах (фокусирующие вставки), до нескольких тысяч в крупных, таких как, например, Большой Адронный Колайдер в ЦЕРНе. В свою очередь каждый элемент имеет свой определенный набор параметров, описываемый вектором $\xi = (\xi_1, \dots, \xi_M)^T$, которые подвержены отклонениям. Ошибки в установочных (оптимальных) параметрах, в свою очередь, могут иметь не только различную природу возникновения, но и различие в функциональной зависимости (функции распределения). Их также разделяют по характеру проявления ошибки в изготовлении элементов, в установке элементов, а также возникающие в самом процессе работы системы (см. [5]). Характер появления подобных ошибок позволяет использовать статистические методы анализа. Данное предположение не противоречит физическому смыслу и позволяет значительно упростить математические вычисления.

Наиболее часто встречающиеся ошибки можно показать на примере двух квадрупольных линз:

- наклоны квадрупольной линзы относительно оптической оси системы на угол α (рис.1, a));
- параллельный сдвиг квадрупольной линзы относительно оптической оси системы в плоскости x (рис.1, b));
- параллельный сдвиг квадрупольной линзы относительно оптической оси системы в плоскости y (рис.1, c));
- поворот квадрупольной линзы вокруг оптической оси системы угол α (рис.1, d));
- отклонение в фокусирующей силе линзы: Δk ;
- относительное изменение длины линзы: ΔL ;
- относительный сдвиг вдоль оптической оси системы относительно заданного оптимального положения Δd .

Графически примеры наиболее часто встречающихся типов ошибок на примере двух квадрупольных линз приведены на (рис.1.)

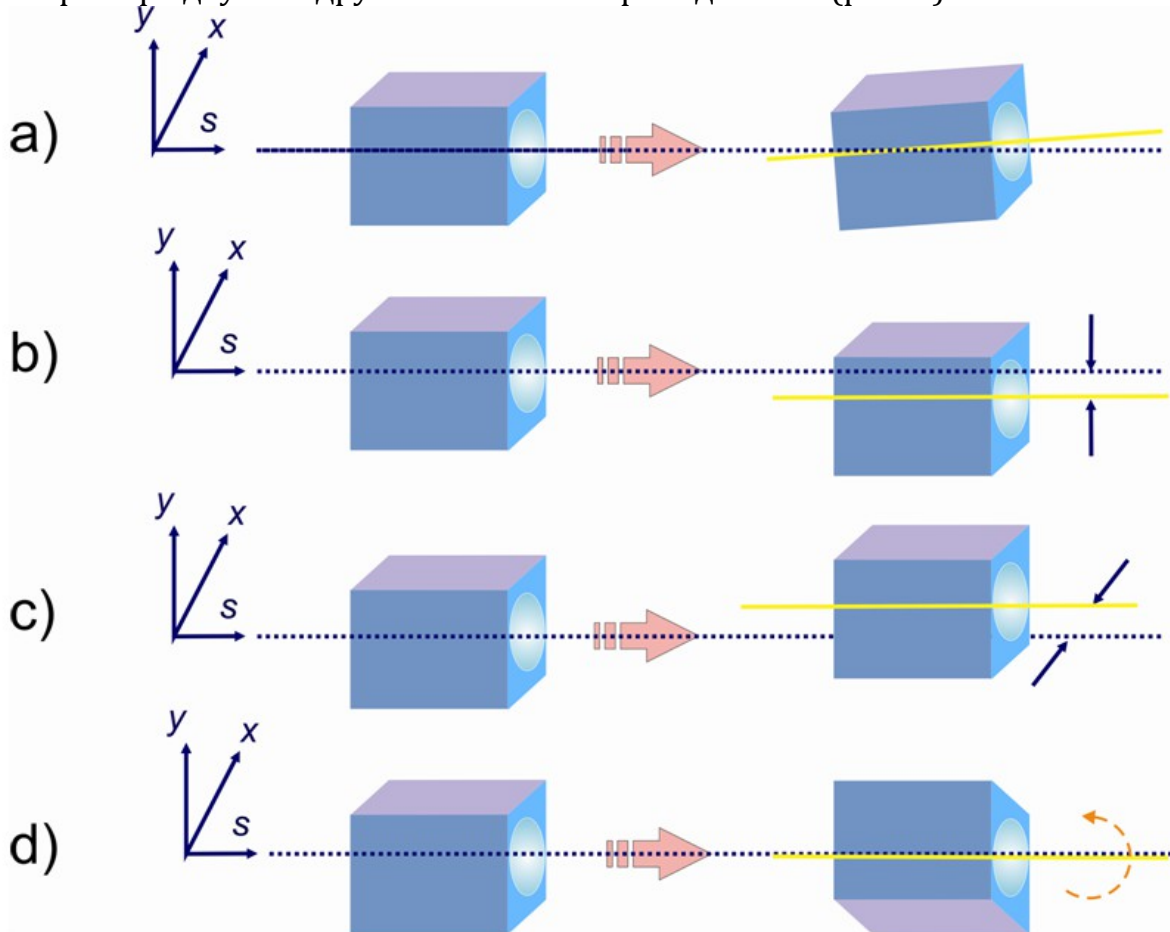


Рис.1. Примеры наиболее часто встречающихся типов ошибок на примере двух квадрупольных линз

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Диагностика появления ошибок возможна лишь по фазовому

портрету пучка на мишени или в специальных устройствах контроля положения пучка. По полученной информации не предоставляется возможным однозначно восстановить, отклонения в каких именно параметров элементов системы привели к тем или иным отклонениям характеристик пучка от оптимальных. Подобная задача является не корректной, так как не существует единственного решения. Для решения подобного рода задач в работе предлагается два метода – статистический и аналитический.

Задавая весь набор управляющих параметров элементов системы, и набор контрольных характеристик пучка можно провести статистическое исследование с заданной точностью. В работе [4] приведено параметрическое исследование, с учетом разной функциональности распределения элементов.

ПЕРВЫЙ СПОСОБ

Вычислим центральную дисперсию функционала:

$$J = \sum_{k=1}^{2N+1} \sum_{j=1}^{m(k)} A_j^k \xi_k^j,$$

где ξ_k^j случайная величина, описывающая ошибку типа j на k -ом промежутке разбиения. Введем общий вектор $\eta = \{\xi_1^1, \xi_2^1, \dots, \xi_2^6, \dots\}^T$ ошибок и вектор A , построенный из соответствующих коэффициентов A_k^j . Тогда для дисперсии

$$DJ = \sigma_J^2 = A^T \mathcal{E} A, \quad \mathcal{E} = \langle \eta \eta^T \rangle,$$

где $\langle \cdot \rangle$ – оператор усреднения соответствующей функцией распределения. Вводя вектор Δ согласно правилу $\Delta \Delta^* = \mathcal{E}$ (в частности, $\sqrt{\{\mathcal{E}\}_{kk}}$ – среднеквадратичное отклонение для η_k), получаем уравнение для эллипсоида в пространстве переменных Δ :

$$\Delta^* \hat{A} \Delta = 1, \quad \hat{A} = A / DJ.$$

Нетрудно видеть, что

$$s_k = \max \Delta_k = \sigma_J / \{A\}_{kk}.$$

Для величины Δ_k , ограничивающей интервал изменения случайной ошибки η_k , можно записать

$$\Delta_k^{max} = \max \Delta_k = \frac{1}{\alpha_k} \frac{\sigma_J}{\{A\}_{kk}}.$$

Здесь α_k – числовые коэффициенты, зависящие от вида функции распределения случайной величины η_k . Вычисляя величины S_k и получаем предельные значения (в том или ином смысле) для случайных величин η_k , характеризующих максимально возможные при заданном отклонении функционала от оптимального значения допуски на параметры системы

управления. Из приведенных равенств видно, что основная нагрузка ложится на вычисление элементов вектора \mathbf{A} , состоящего из частных производных функционала по параметрам системы. Способы их вычисления можно найти в [5].

Этот метод основан на статистическом розыгрыше всех возможных вариантов отклонений параметров элементов. Для полноты картины требуется произвести розыгрыши по каждому параметру и каждому элементу в отдельности. Это позволит наработать базу знаний об отклонениях элементов и их влиянии на пучок заряженных частиц. Получив эту информацию можно сделать аналитические выводы о том, изменения каких параметров имеют более критичное воздействие на отклонения в характеристиках пучка. Статистические исследования требуют довольно много вычислительных мощностей и времени на их обработку, но при этом довольно легко получается их распараллеливать.

ВТОРОЙ СПОСОБ

Для его реализации запишем изменённое уравнение движения

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbb{P}^{11}\mathbf{X},$$

используя алгебраические свойства матриц, описывающих динамическую модель, даёт возможность построить явные соотношения между возмущениями дифференциальных уравнений движения для типов отклонений указанных в [5] и соответствующих матрицантов

$$\Delta\mathbb{R}^{11} = \exp(\mathbb{P}^{11} + \Delta\mathbb{P}^{11}) - \exp\mathbb{P}^{11} \quad (1)$$

где матрица $\Delta\mathbb{P}^{11}$ имеет специальный вид

$$\Delta\mathbb{P}^{11} = \begin{pmatrix} \mathbb{O} & \mathbb{O} \\ \Delta\mathbb{A}^{11} & \mathbb{O} \end{pmatrix}.$$

Заметим, что матрица \mathbb{A}^{11} различна для каждого класса ошибок. Рассмотрим в качестве примера случай поворота линзы вокруг оптической оси на угол α , тогда можно записать

$$\Delta\mathbb{A}^{11} = k^2 \begin{pmatrix} 1 - \cos \alpha & -\sin \alpha \\ -\sin \alpha & -1 + \cos \alpha \end{pmatrix}$$

подставляя, как обычно, матрицу $\Delta\mathbb{R}^{11}$ в (1) в блочном виде получим

$$\Delta\mathbb{R}^{11} = \frac{1}{2k^2} \begin{pmatrix} C_-(\alpha) & \frac{1}{k}S_-(\alpha) \\ -kS_+(\alpha) & C_-(\alpha) \end{pmatrix} \otimes \Delta\mathbb{A}^{11}.$$

и в окончательном виде можно переписать в виде

$$\Delta\mathbb{R}^{11} = \frac{1}{2k^2} [(\mathbb{E} \otimes \mathbf{L}_+^*) \mathbb{R}^{11}(\varphi) (\mathbb{E} \otimes \mathbf{L}_-)] \otimes \Delta\mathbb{A}^{11}, \quad \mathbf{L}_\pm = \begin{pmatrix} 1 \\ \pm 1 \end{pmatrix}.$$

Здесь k^2 — нормированный градиент линзы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены два метода, которые могут быть реализованы программным образом, что позволит получать объективную информацию о влиянии тех или иных искажений в системе, на характеристики пучка. Оба метода основаны на численных методах и использован математический аппарат, позволяющий применять распараллеливание в процессе вычисления. Первый традиционный статистический, второй же позволяет получать точные оценки на основе только алгебраических операций над матрицантами (используя кронекеровые операции), в том числе и в символьном виде. Данный аппарат предполагается встроить в концепцию Виртуального ускорителя [4].

Полученные результаты предполагается использовать в процессе обучения студентов в качестве лабораторных работ.

Литература

1. M. Pabst, K. Bongardt, Statistical treatment of misalignments in linear accelerators. // Proc. of LINAC 1981. URL: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/l81/papers/e02.pdf>.
2. Lavine T. L., Seeman J. T., Atwood W. B., Hitmel T. M., Petersen A. Beam determination of quadrupole misalignments and beam position monitor biases in the SLC LINAC. // Proc of LINAC. 1988. Williamsburg. URL: <http://accelconf.web.cern.ch/AccelConf/l88/papers/th3-50.pdf>.
3. P. C. Chiu, C. H. Kuo, Virtual accelerator development for the TPS // Proc. of IPAC10.
4. S.N.Andrianov, V.M.Taryanik Computer Modeling of Mass-Separator Systems. // Proc. of the 6-th International Computational Accelerator Physics Conference ICAP'2000. <http://130.83.49.117/Paper/And014.pdf>.
5. Андрианов С.Н. Динамическое моделирование систем управления пучками частиц. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. 376 с.

Севостьянов Р.А.¹, Попов А.П.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, аспирант кафедры компьютерных технологий и систем, sevostyanov.ruslan@gmail.com

² ООО «ТВН», г. Санкт-Петербург, ap@its-physics.org

Опыт создания стендов удаленного доступа для проведения школьных лабораторных работ по физике

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Удаленные лаборатории, удаленные стенды, школа, образование, лабораторные работы, удаленный доступ, дополненная реальность, дистанционное обучение.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросам создания удаленных лабораторий для привлечения учащихся общеобразовательных школ к изучению физики и проведению физических экспериментов. Приводится обзор современного состояния платформ для создания удаленных лабораторий. Описываются особенности удаленных лабораторий для школьников по сравнению с классическими. Предлагается общая схема обеспечения удаленного доступа к лабораторному оборудованию, проиллюстрированная на примере уже реализованного стенда.

Введение

В последнее время все больше растет интерес к технологиям удаленного, или дистанционного обучения, чему способствует повсеместное распространение доступа к сети интернет. Способы передачи и контроля знаний в таких технологиях варьируются от предоставления обычных материалов в текстовой форме до полноценных онлайн-курсов с видео-лекциями, практическими заданиями, промежуточными тестами и итоговыми экзаменами. Одним из самых известных и наиболее популярных сервисов дистанционного обучения является проект Coursera [1], который объединяет сотни онлайн-курсов различной тематики, поддерживаемых многими университетами разных стран. Не менее заметными проектами являются также edX [2] и Udacity [3]. Из российских инициатив можно отметить проект Лекториум [4].

Помимо онлайн-курсов, популярность набирают так называемые лаборатории удаленного доступа, или просто удаленные лаборатории – оборудование, доступ к которому можно получить через сеть интернет (рис 1). Как правило, большинство таких лабораторий предоставляет возможность запрограммировать ход эксперимента на языке высокого уровня или графическом языке (чаще всего – LabVIEW [5]), после чего

получать в процессе эксперимента информацию с датчиков в лаборатории, а в некоторых случаях – изображение с веб-камеры, фиксирующей эксперимент.

Предоставление удаленного доступа к подобным установкам решает сразу две проблемы. Во-первых, зачастую дорогостоящее оборудование простаивает в нерабочее время, а удаленный доступ позволяет обеспечить его практически круглосуточное использование. Во-вторых, не все люди имеют возможность посетить интересующие их установки, которые часто расположены в других странах. Кроме этого, не все учебные заведения обладают достаточными средствами для установки необходимого оборудования.

Наиболее значимыми проектами, объединяющими удаленные лаборатории со всего мира и предоставляющие к ним централизованный доступ, являются GOLC (Global Online Laboratory Consortium [6]), Labshare [7] и iLabCentral [8]. Среди российских проектов можно выделить только инициативы отдельных университетов (например, интернет-лаборатория "Робототехника", созданная на базе Дмитровского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана [9]).



Рис. 1. Удаленный эксперимент по исследованию безопасности радиоактивной энергии [10]

Насколько можно судить, на данный момент не существует единого стандарта или технологии создания удаленных лабораторий. Проект SAHARA Labs [11] являлся попыткой реализации общей системы обеспечения удаленного доступа к лабораторным установкам, но на данный момент, судя по всему, не закончен и неактивен.

Удаленные школьные лаборатории

Пользователями удаленных лабораторий могут быть не только студенты или работники высших учебных заведений. В последние годы отмечается тенденция к снижению интереса к физике среди учащихся общеобразовательных школ. Зачастую это связано с отсутствием необходимых материалов для проведения натуральных экспериментов, которые являются наиболее интересной частью уроков по физике, связывающей математические модели с реальным миром. Одним из возможных способов решения этой проблемы является создание удаленных стендов для проведения школьных лабораторных работ по физике. Такие стенды должны обладать некоторыми особенностями по сравнению с классическими лабораториями удаленного доступа. Во-первых, необходим более простой интерфейс взаимодействия пользователя с установкой, по возможности, без программирования, для привлечения наибольшего числа детей. Идеальным представляется обеспечение интерактивного доступа, когда пользователь может в режиме реального времени изменять варьируемые параметры эксперимента и сразу видеть результат своих действий. Во-вторых, интересной особенностью видится использование технологии дополненной реальности [12] для отображения поясняющей информации прямо на картинке с видео-потокотом от стенда – например, отображения в реальном времени траектории движения тел, а также векторов сил и скоростей. В-третьих, для каждого эксперимента возможна постановка какой-то интересной детям практической задачи в игровой форме: например, выставить угол и силу выстрела пушки, чтобы попасть по пиратскому кораблю.



Рис.2. Общая схема работы удаленной лаборатории

Общая схема обеспечения удаленного доступа к лаборатории может выглядеть следующим образом (рис. 2). Каждый лабораторный стенд

должен быть оснащен некоторыми исполнительными механизмами (актуаторами) и измерительными устройствами (датчиками), а также, по возможности, веб-камерой. Для управления актуаторами и датчиками необходим некоторый цифровой контроллер. Также желательно, чтобы этот контроллер обладал вычислительными мощностями, необходимыми для применения технологии дополненной реальности, а также трансляции видео-потока. Контроллер стенда подключается через какой-либо канал связи к серверу в лаборатории, объединяющему несколько стендов и имеющему доступ к сети интернет. Этот сервер поддерживают связь с центральным сервером в сети интернет, который предоставляет доступ к стендам в различных лабораториях через веб-сайт. На центральном сервере работают служебные программы по резервированию времени проведения эксперимента, записи протокола эксперимента и т.д. Наконец, пользователь в зарезервированное время получает доступ к проведению эксперимента через веб-страницу в браузере. При этом в данный момент времени управлять установкой может только один пользователь, а видео-поток со стенда может просматривать любой желающий. После проведения эксперимента пользователь может просмотреть видео изученного процесса, а также список произведенных действий и измерений.

Стенд «Движение тела, брошенного под углом к горизонту»

В 2013 году проект по созданию подобных удаленных стендов для проведения школьных лабораторных работ по физике был инициирован на базе центра молодежного инновационного творчества фонда ТВН и образовательного проекта «It's physics!» [13]. Был создан тестовый стенд «Движение тела, брошенного под углом к горизонту» (рис. 3). Этот стенд позволяет стрелять стальными шариками из электромагнитной пушки Гаусса, установленной под определенным углом. После выстрела шарик останавливается, ударяясь об ограничитель, и скатывается к механизму зарядки. Таким образом, стенд может функционировать полностью автономно.

Основными исполнительными механизмами стенда являются: реле, включающее подачу напряжения на конденсаторы для питания пушки; реле, включающее подачу напряжения с конденсаторов на катушку индуктивности для выстрела; сервопривод, управляющий углом наклона пушки; наконец, подъемный механизм, закидывающий шарик в пушку. Из измерительных механизмов на стенде установлены датчик напряжения конденсаторов, от которого зависит сила выстрела, и веб-камера для трансляции видео, а также распознавания и отображения траектории полета шарика. Управление стендом происходит в режиме реального времени: пользователь устанавливает угол наклона пушки и условную силу выстрела и нажимает на кнопку «Пуск», производя выстрел (рис. 4). При каждом выстреле при помощи распознавания видео измеряются максимальная дальность и высота полета шарика.

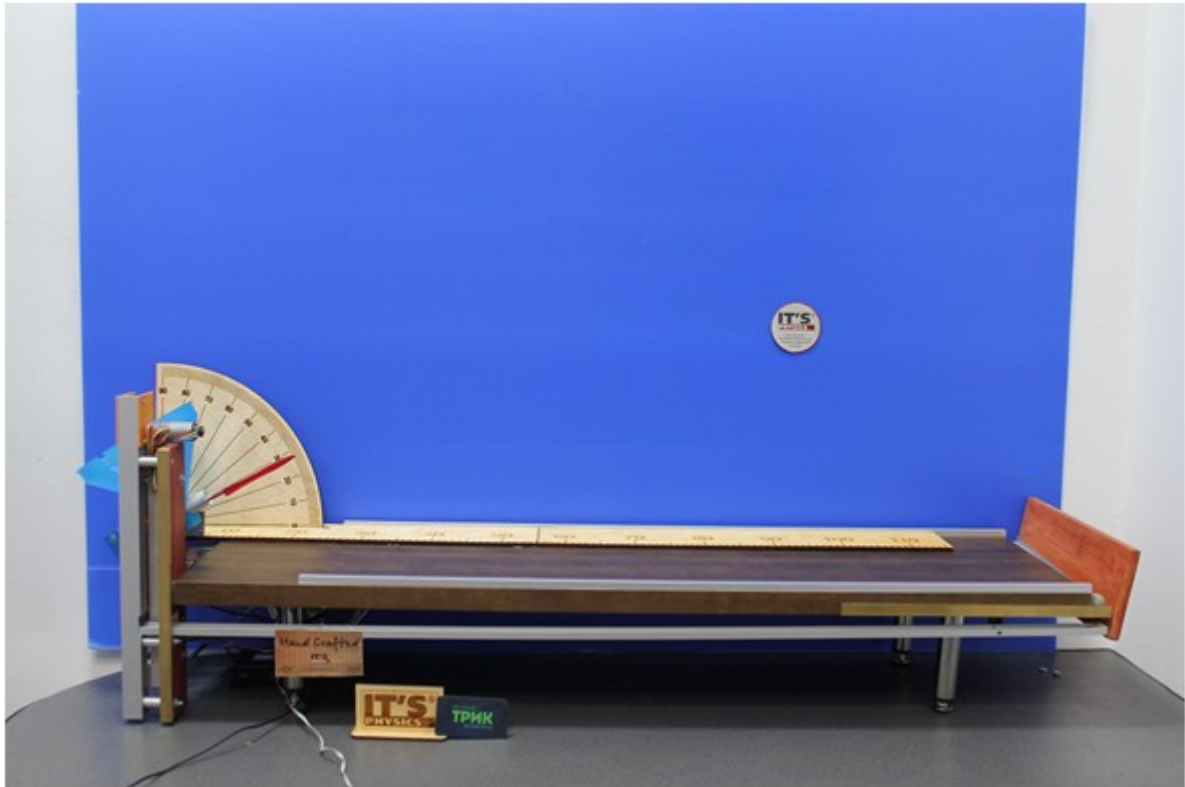


Рис.3. Стенд «Движение тела, брошенного под углом к горизонту»

На данный момент в качестве контроллера стенда используется плата Arduino Uno [14] с модулем расширений Motor Shield [15] для управления силовым электромотором механизма зарядки шарика в пушку. Контроллер напрямую подключен к серверу лаборатории при помощи USB-кабеля, также как и веб-камера. Обработка и распознавание видео-потока происходит на сервере. Для управления стендом, обработки и трансляции видео было реализовано соответствующее программное обеспечение на языке C++ с использованием фреймворка Qt [16] и библиотеки OpenCV [17]. Связь с контроллером программно реализована при помощи эмулированного последовательного порта.

Сервер лаборатории подключен к центральному серверу проекта «It's physics!» при помощи TCP-сокета. Видео-поток с веб-камеры транслируется в формате MJPEG. Далее, управляющая программа на центральном сервере, также реализованная на языке C++ с использованием фреймворка Qt, осуществляет связь сервера лаборатории с клиентской частью. Программа гарантирует, что в данный момент времени стендом управляет только один пользователь. Кроме этого, при помощи программы VLC видео-поток, приходящий с веб-камеры стенда, ретранслируется всем, кто наблюдает за экспериментом – это сделано для того, чтобы не загружать интернет-канал лаборатории, перебросив нагрузку на центральный сервер.

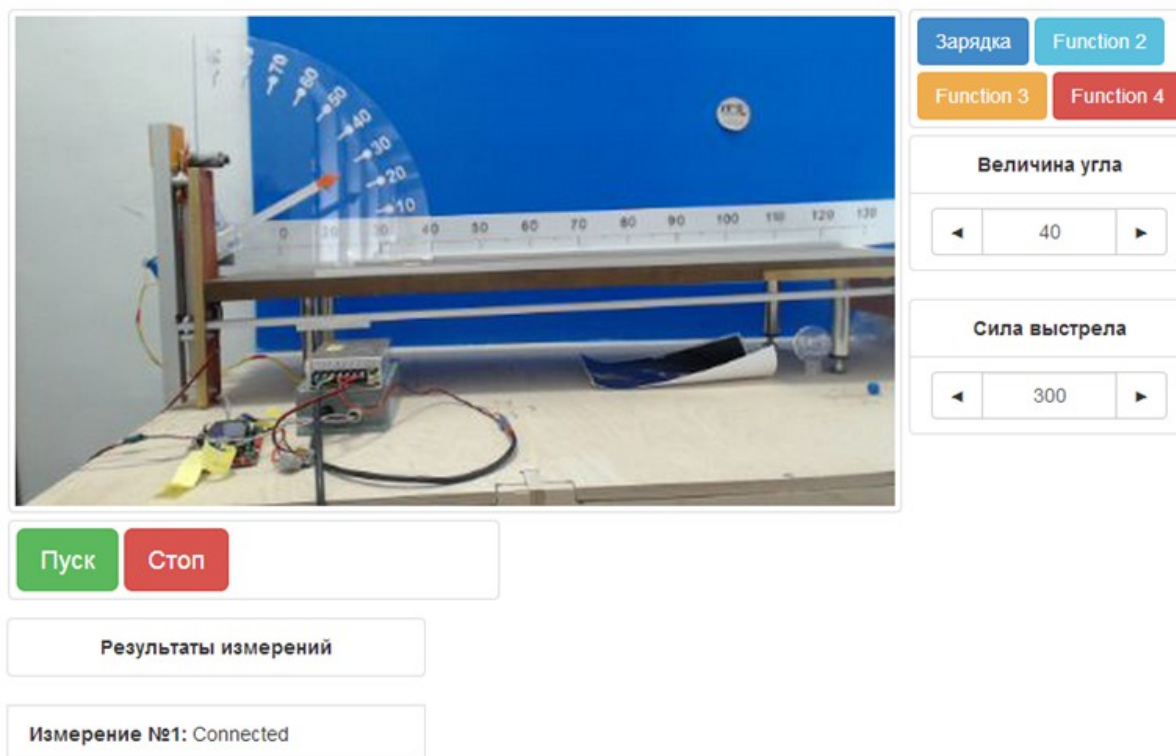


Рис.4. Интерфейс удаленного стенда

Функционал клиентской части реализован на языке JavaScript, что несколько ограничивает возможности коммуникации с центральным сервером. Существует два основных варианта асинхронной передачи данных из программы, написанной на JavaScript – технология ajax и веб-сокеты. После небольшого исследования было решено остановиться на технологии веб-сокеты, которые являются надстройкой над классическими TCP-сокетами для обеспечения безопасного соединения. Трансляция видео в формате MJPEG осуществляется стандартными средствами HTML5 и не требует написания отдельного скрипта.

Описанная технология, в принципе, может быть применена практически к любым физическим стендам. В настоящее время, помимо стенда «Движение тела, брошенного под углом к горизонту», спроектировано еще 20 стендов, демонстрирующих различные физические явления. Кроме создания новых стендов, в ближайшее время планируется сделать следующие шаги:

- добавить систему резервирования времени и запись протокола эксперимента на центральный сервер;
- заменить формат MJPEG на более эффективный для сжатия видео для уменьшения нагрузки на интернет-канал;
- разработать методические материалы для обеспечения проведения полноценной лабораторной работы при помощи стенда;
- добавить игровые элементы при помощи технологии дополненной реальности;

- заменить контроллер Arduino на отечественный контроллер ТРИК [18], который обладает вычислительными мощностями, необходимыми для обработки и трансляции видео.

Литература

1. Coursera. URL: <https://www.coursera.org/>.
2. edX. URL: <https://www.edx.org/>.
3. Udacity. URL: <https://www.udacity.com/>.
4. Лекториум. URL: <http://www.lektorium.tv/>.
5. Среда разработки приложений LabVIEW. URL: <http://russia.ni.com/labview/>.
6. Global Online Laboratory Consortium. URL: <http://online-lab.org/>.
7. Labshare. URL: <http://www.labshare.edu.au/>.
8. iLabCentral. URL: <http://ilabcentral.org/>.
9. Интернет-лаборатория «Робототехника». URL: <http://fms.bmstu.ru/>.
10. Investigating the Safety of Nuclear Energy Using Real Radioactivity Data. URL: <http://ilabcentral.org/radioactivity/nuclearenergy/>.
11. SAHARA Labs. URL: <http://sourceforge.net/projects/labshare-sahara/>.
12. Дополненная реальность. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Дополненная_реальность.
13. Проект «It's physics!». URL: <http://www.its-physics.org/>.
14. Arduino Uno. URL: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
15. Arduino Motor Shield. URL: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3>.
16. Qt Project. URL: <http://qt-project.org/>.
17. OpenCV. URL: <http://opencv.org/>.
18. Все о ТРИК. URL: <http://blog.trikset.com/>.

Шнепс-Шнеппе М.А.¹, Сухомлин В.А.², Намиот Д.Е.³

¹ЦНИИС, ведущий научный сотрудник, sneps@mail.ru

²факультет ВМК МГУ им. М.В.Ломоносова, заведующий лабораторией, sukhomlin@mail.ru

³факультет ВМК МГУ им. М.В.Ломоносова, старший научный сотрудник,
dnamiot@gmail.com

Телекоммуникации в системах управления поддержки экстренных и военных нужд: анализ сетей NG9-1-1 и GIG

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Телекоммуникация, сеть, анализ, автоматизированная система управления, экстренный вызов, оборонное ведомство.

АНОТАЦИЯ

Перед связистами всего мира стоит одна и та же задача – как перейти от коммутации каналов к коммутации пакетов. Сегодня идеалом единого мира телекоммуникаций и компьютеров выступает IP протокол. В настоящее время в Соединенных Штатах на базе IP протокола строятся две мощнейшие сети: GIG (Global Information Grid) – глобальная информационная сеть оборонного ведомства и NG9-1-1 – единая сеть нового поколения для обслуживания экстренных вызовов к любым общественным службам, в том числе – как от людей, так и от оберегаемого имущества. Подобные же задачи решаются и в России, только более робко: строительство единой экстренной службы 112 и переход на цифровую технику в вооруженных силах. Проанализируем три поколения GIG: первое – на базе интеллектуальной сети и системы SS7, второе – переход на протокол IP, третье – ориентация на облачные вычисления и построение единой АСУ с использованием языка спецификаций SysML. Мы надеемся, что опыт такого крупного проекта может помочь отечественным операторам связи, которые взяли ориентацию на “All-over-IP”.

В докладе сравниваются две стратегии развития сетей связи в России. Первая стратегия – продолжение строительства сетей связи средствами иностранных производителей. Суть же второй стратегии заключается в выборе курса на импортозамещение, т.е. на развитие сетей связи собственными силами.

1. Сеть GIG

Рисунок 1 иллюстрирует главную проблему, которая стоит перед строителями сети GIG (Global Information Grid). Это глобальная информационная сеть оборонного ведомства. Сегодня основу GIG

составляет коммутация каналов, точнее, стандарт SONET, по которому работают оптические кабели, а информация кодируется согласно телефонному стандарту TDM (Time Division Multiplexing). По этой сети коммутации каналов сегодня работают основные военные сети связи Пентагона:

- 1) телефонная сеть DSN (Defense Switched Network),
- 2) закрытая коммутируемая сеть DRSN (Defense Red Switched Network),
- 3) сеть видеоконференсвязи DVS (DISN VIDEO).

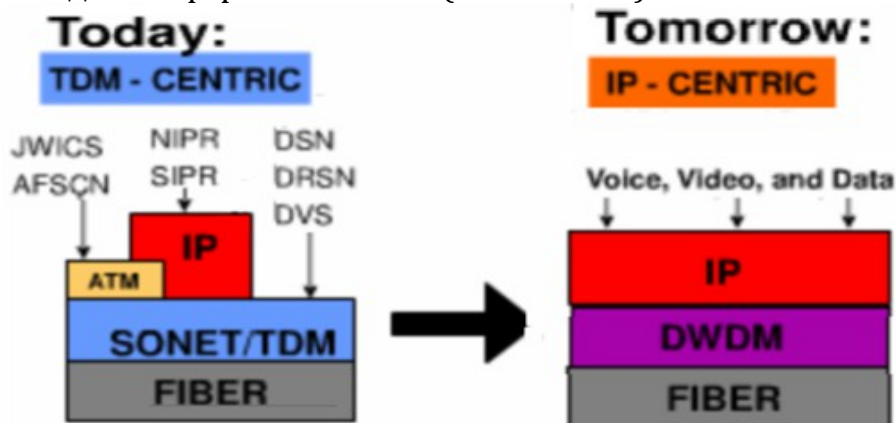


Рис. 1. Иллюстрация текущей проблемы GIG: как перейти от TDM-сети к IP-сети

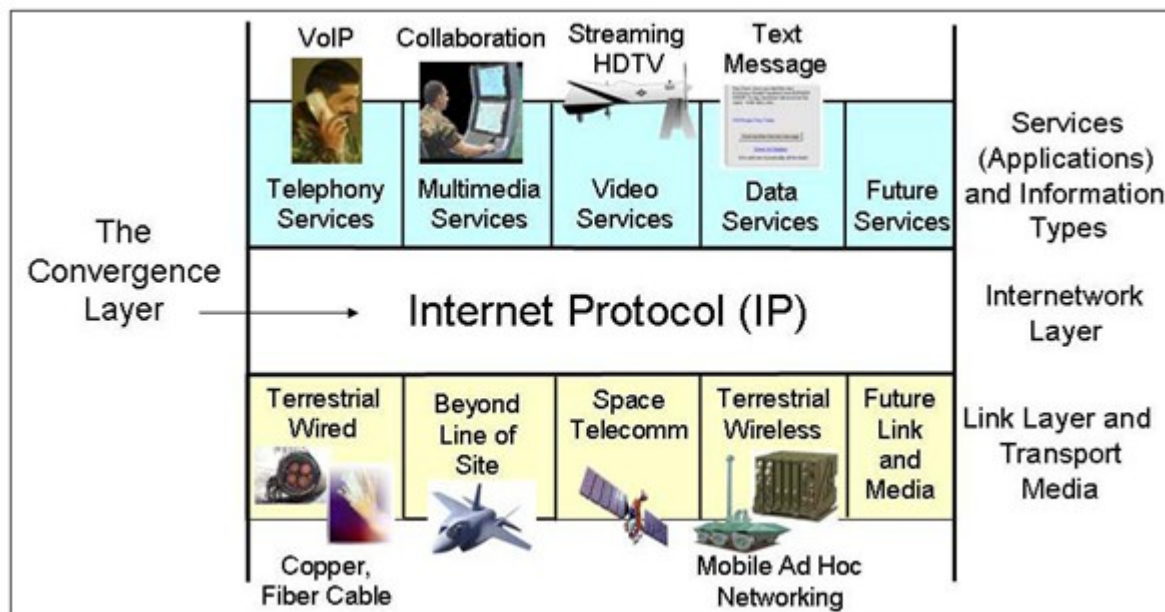


Рис. 2. Предполагается, что IP-протокол станет единственным средством общения между транспортным уровнем и приложениями

Кроме того, на рис. 1 указаны четыре закрытые сети JWICS, AFSCN, NIPRNet и SIPRNet:

- Объединённая глобальная сеть разведывательных коммуникаций (*Joint Worldwide Intelligence Communications System*, JWICS) — для передачи секретной информации по протоколам TCP/IP.
- Сеть управления спутниками AFSCN (Air Force Satellite Control

Network),

- NIPRNet (Non-classified Internet Protocol Router Network) — сеть, используемая для обмена несекретной, но важной служебной информацией между «внутренними» пользователями, SIPRNet (Secret Internet Protocol Router Network) — система взаимосвязанных компьютерных сетей, используемых МО для передачи секретной информации по протоколам TCP/IP.

Первые две сети JWICS и AFSCN построены на базе коммутаторов ATM (техника ATM в настоящее время больше не производится).

Согласно текущей стратегии Пентагона «Joint Vision 2020» провозглашен переход на IP протокол (рис. 2) [1].

2. Сеть NG9-1-1

В США экстренные вызовы обслуживаются по номеру 911. Как и в России, внедрение в США единого номера экстренных служб проходит с трудностями, особенно определение номера вызывающего мобильного абонента и его местоположения.

Новейшее поколение службы экстренных вызовов в США имеет название NG9-1-1 [2] и будет реализована в IP-сети (рис. 3). Но когда будет реализовано, - это сегодня определить трудно. В системе NG9-1-1 требуется обеспечить возможность любых сообщений реального времени, т.е. наряду с телефонным вызовом, также передачу текста, данных, изображений и видео. Обратим внимание на рис. 3 слева внизу: там отдельно указаны телематические вызовы. Это, в частности, относится к противопожарным и охранным службам. Такие вызовы относятся к M2M коммуникациям. 6 апреля 2007 г. Министерство транспорта (DoT) опубликовало документ “Next Generation 9-1-1 (NG9-1-1) System Initiative Concept of Operations” [3], в котором для служб первой помощи и производителей оборудования сформулированы общие принципы и цели создания системы NG9-1-1. Через короткое время DoT опубликовало требования к архитектуре NG9-1-1 “System Description and High-Level Requirements Document” [4]. В обоих документах указано, что вызовы 9-1-1 должны быть доступны из любого типа устройств, а службам первой помощи должна быть доступна информация от других общественных служб. К 2008 были завершены пилотные проекты. Однако широкое внедрение откладывается до перехода на IMS (IP Multimedia Subsystem). К тому же операторы связи не торопятся с переходом на IP-протокол.

Риски перехода на IP-протокол. 31 января 2014 г. Федеральная комиссия связи FCC издала документ о поддержке операторов, которые будут переходить от коммутации каналов (по технологии TDM) к IP-протоколу [5]. По свежим следам этого документа FCC заказала юридической фирме оценку возможных рисков такого перехода. Фирма проанализировала историю нововведений в телефонных сетях и перечислила крупнейшие сбои в телефонных сетях от введения новой

техники за последние более 20 лет [6]. Сбои появляются в основном из-за ошибок в программном обеспечении, что ведет к крупным авариям на телефонных сетях.



Рис. 3. Новое поколение экстренной службы NG9-1-1 и ее стыковка с существующей службой 911

Наиболее известен коллапс сети AT&T, который случился 15 января 1990 г. Тогда одновременно вышли из строя все 114 станций 4ESS сети AT&T. Устранить неполадки удалось только через 9 часов. Дело было в новой версии программного обеспечения, которое установили месяцем ранее на всех станциях 4ESS. Вкралась ошибка в работе системы SS7, которая проявилась при перегрузке одной из АТС и по принципу домино «вырубила» почти всю сеть AT&T. Были потеряны 65 млн. вызовов и нанесен трудно поправимый ущерб репутации компании [7].

Другой подобный коллапс случился через полтора года – 26 июня 1991 г. в Балтиморе. На 6 часов остались без связи 5 млн абонентов. Тоже из-за ошибки в программах SS7.

Тогда коллапсы сети связи страны были расследованы Конгрессом США, так как их приравнивали к угрозам национальной безопасности. Был вынесен «приговор» системе SS7. В частности, в службе 911 отказались от применения сигнализации SS7 и интеллектуальной сети и сохранили прежнюю систему многочастотной сигнализации MF. В докладе юридической фирмы указаны также скандалы с переносом номеров мобильной связи LNP, с внедрением Бесплатного вызова по коду 888 и другие.

Будут ли после подобных напоминаний операторы связи спешить с

переходом на IP протокол?

3. Сравнение NG9-1-1 и GIG

В последнее время многие обращают внимание на аналогию между экстренной службой NG9-1-1, которую пытается создавать Министерство транспорта США, с одной стороны, и строящейся военной инфокоммуникационной системой GIG, с другой. Но как воспользоваться этой аналогией? И если аналогия есть, то, как согласовать планы создания этих двух систем многомиллиардной стоимости?

Сошлемся на материалы Конференции по внутренней безопасности (Homeland Security) США [8], где автор статьи разбирает эту аналогию и начинает с напоминания, что эти два проекта были объявлены практически одновременно.

Аналогии начинаются с высокого уровня архитектуры сетей NG9-1-1 и GIG. Обе архитектуры полагают сбор информации от множества источников и передачу ее множеству пользователей. И что важно, обе системы требуют высокой живучести. Полагается передавать голос, данные и видео и с минимальной задержкой. Применения также являются аналогичными в обеих сетях.

А) Передача данных оказывается самым сложным применением. Например, согласно концепции NG9-1-1, больной вызывает скорую помощь текстовым сообщением. Это сообщение достигает PSAP. Оператор PSAP по этому сообщению должен определить местоположение больного, сообщить об этом скорой помощи и послать подтверждение больному. Данные о местоположении передаются компьютеру и наносятся на карту.

Б) В GIG архитектуре наблюдаем похожую картину передачи и обработки данных. Данные могут быть любого типа, включая текст, файлы, снимки. Каждый солдат должен быть доступен для обмена информацией. Например, если солдат обнаружил бункер, но не может распознать тип вооружения в бункере, он передает картинку аналитику вооружения. Аналитик сообщает ответ солдату, а также может вызвать бомбардировщика и известить разведку для уточнения цели.

Аналогия между NG9-1-1 и GIG налицо, но кто ею воспользуется и согласует планы строительства этих двух систем.

4. Особенности современной сети GIG

Вспомним, как закладывались основы GIG, которые ныне являются тормозом ее модернизации? Оборонная информационная сеть DISN (Defense Information Systems Network) разрабатывается с начала 1990-х. Это – глобальная сеть. Ее назначение – предоставлять услуги по передаче различных видов информации (речь, данные, видео, мультимедиа) для эффективного и защищенного управления войсками, связью, разведкой и РЭБ. В 1996 г. состояние сети DISN было подвергнуто резкой критике. Прежде всего, это – низкий уровень интеграции входящих в состав DISN-NT сетей, что существенно ограничивает взаимодействие в рамках единой сети и препятствует эффективному единому управлению всеми ее ресурсами. В

частности, отмечались сложности взаимодействия стационарной и полевой (мобильной) компонент базовой сети из-за различия в используемых стандартах, типах каналов связи (аналоговых и цифровых), предоставляемых услугах, пропускной способности (у мобильной компоненты она значительно ниже, чем у стационарной). Это порождает дополнительные трудности материального обеспечения боевых сил, технического обслуживания и подготовки специалистов. Кроме того, используемые сетевые технологии недостаточно масштабируемы и не в состоянии в должной мере предоставлять пропускную способность по требованию. Из-за отсутствия общей архитектуры и стандартов затруднена передача данных в интересах разведки и РЭБ. Несовместимость оборудования усложняет применение различных средств засекречивания и криптозащиты. В целом базовая архитектура DISN-NT недостаточно гибкая и масштабируемая, особенно для мобильных сил, оперативно развертываемых в различных точках мира. Поэтому при разработке принципов построения второй очереди сети DISN-NT агентство DISA пошло по пути использования готовых коммерческих продуктов в области новых информационных и сетевых технологий. При этом упор был сделан на открытые системы, которые основаны на национальные стандарты, и на новейшие коммерческие технологии и услуги (Commercial-Off-the-Shelf) [9].

Эти требования нашли отражение в 15-летней программе развития вооружений «Joint Vision 2010», которую командование МО США (US Joint Chiefs of Staff) приняло в октябре 1996 г. В части средств связи основной выбор пал на интеллектуальные сети (Advanced Intelligent Network, AIN), о чем представитель агенства DISA доложил в 1999 г. на международной конференции по военным коммуникациям MILCOM'99 [10]. Вот цитата из его выступления:

«Будущие сети DISA будут пользоваться преимуществами программных средств IN. Сервисы AIN станут ядром технологии развития, технологии оценки (assessment) и технологии передачи информации МО. Результаты сервисов AIN обеспечат командиров боевых действий способностью собирать, обрабатывать и передавать информацию без перерывов в работе сети. Возможности AIN станут краеугольным камнем информационного превосходства МО».

На той же конференции MILCOM'99 выступил представитель компании Lockheed Martin Missiles & Space [11], компании, которая является головным разработчиком глобальной информационной сети сил НАТО. В этом докладе подчеркивается, что AIN обеспечивает пользователей любыми сервисами, как то: голос, данные, e-mail, video, офисные приложения, вызовы «800». А главное, в докладе подробно описывается ключевая роль протокола SS7: он обеспечивает предоставление перечисленных сервисов, включая сателитную связь

Система SS7 составляет управляющее ядро сети AIN (рис. 4). Пользователями AIN могут быть как абоненты сети коммутации каналов,

так и коммутации пакетов.

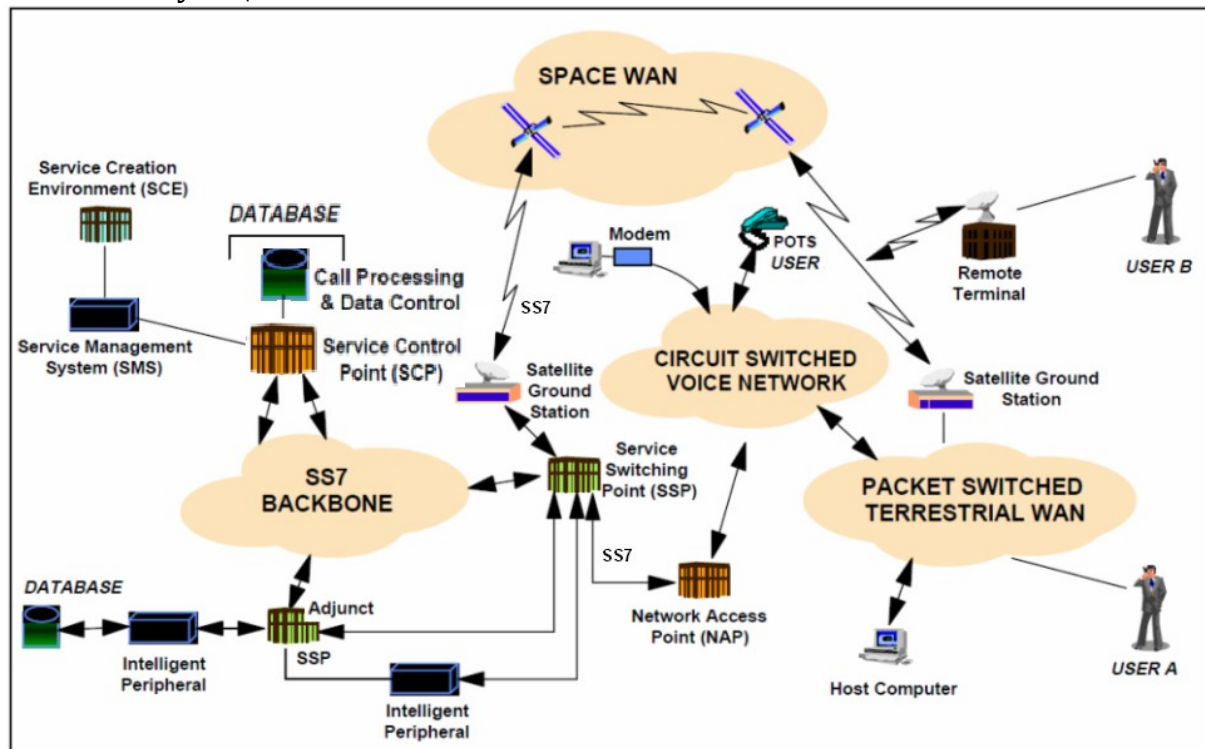
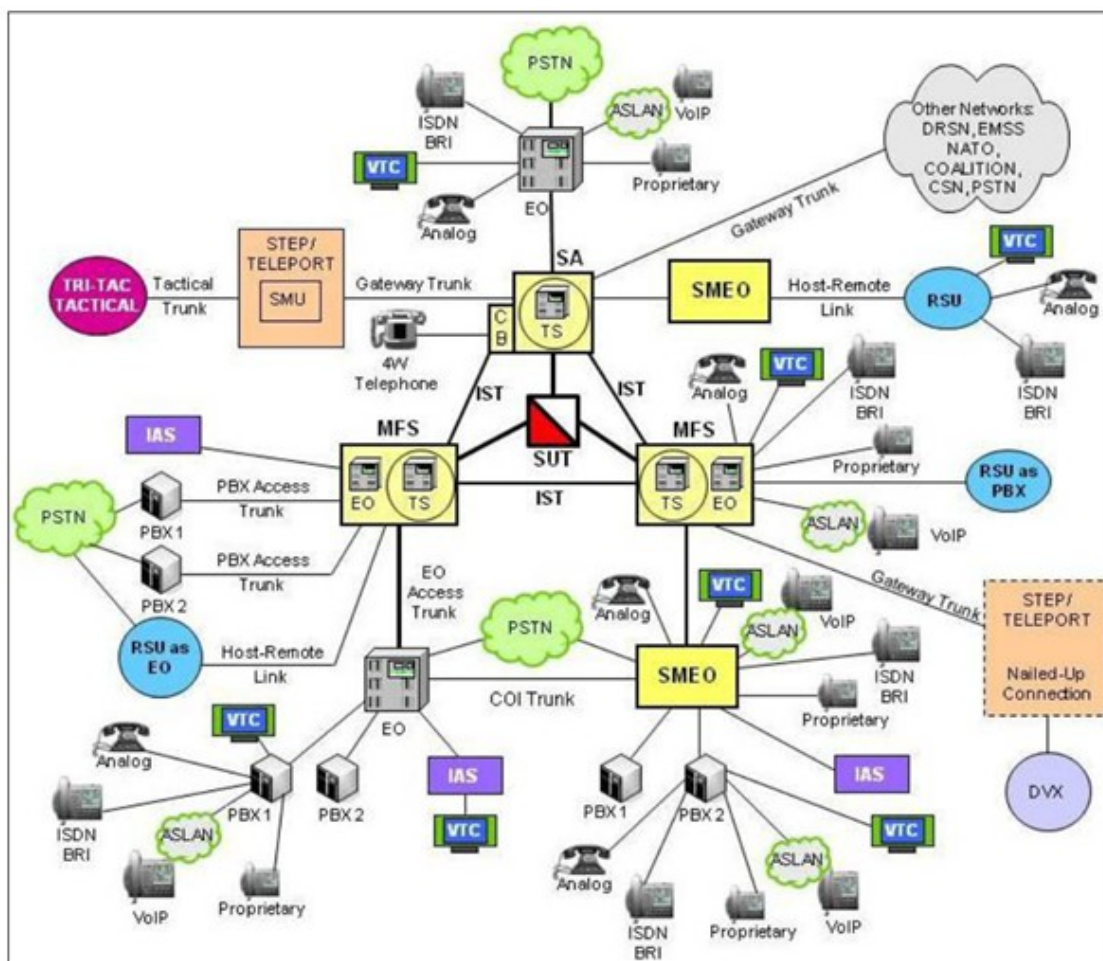


Рис. 4. Архитектура Advanced Intelligent Network (AIN)

Важная роль отводится интеллектуальной периферии (Intelligent Peripheral): в ее функции входит генерация тонов, распознавание голоса, сжатие речи и данных, распознавание набора номера и многое другое, включая тактические и стратегические сервисы по идентификации персонала. Сеть SS7 является, образно говоря, нервной системой DISN. Рисунок 5 взят нами из документации по тестированию сети SS7 в составе DISN, которое в 2011 году проводила компания Tekelec [12]. В центре схемы размещен блок SUT (System Under Test), это тестируемая сеть SS7.

На оборонной сети DSN соединения устанавливаются при помощи сигнализации SS7, т.е. в «сердцевине» сети GIG сегодня находится сеть SS7 в полном объеме, а на периферии используются устройства любого типа. На глобальной сети военного назначения непрерывно появляется все новое окончательное оборудование, в значительной мере это IP средства, а сеть SS7 сохраняет свое центральное место. Устройства подключаются по любым протоколам: 4W – 4x проводной, ASLAN – засекреченная локальная сеть, ISDN BRI, VoIP – интернет-телефония, VTC – видеоконференцсвязь, proprietary – любой нестандартный протокол.

Отсюда делаем важный вывод: наличие сети SS7 не препятствует переходу на IP протоколы, а скорее наоборот – облегчает переход на пакетную коммутацию, делает его постепенным. Лишь базы данных на весь период перехода будут размещаться не в узлах IMS, а в IN и будут доступны как по протоколу SS7, так и по протоколу SIP.



LEGEND:

4W	4-Wire	NATO	North Atlantic Treaty Organization
ASLAN	Assured Services Local Area Network	PBX	Private Branch Exchange
BRI	Basic Rate Interface	PBX 1	Private Branch Exchange 1
CB	Channel Bank	PBX 2	Private Branch Exchange 2
COI	Community of Interest	PSTN	Public Switched Telephone Network
CSN	Canadian Switch Network	RSU	Remote Switching Unit
DRSN	Defense Red Switch Network	SA	Standalone
DSN	Defense Switched Network	SMEO	Small End Office
DVX	Deployable Voice Exchange	SMU	Switched Multiplex Unit
EMSS	Enhanced Mobile Satellite System	STEP	Standardized Tactical Entry Point
EO	End Office	SUT	System Under Test
IAS	Integrated Access Switch	TS	Tandem Switch
ISDN	Integrated Services Digital Network	VoIP	Voice over Internet Protocol
IST	Interswitch Trunk	VTC	Video Teleconferencing
MFS	Multifunction Switch		

Рис. 5. Архитектура DSN (Defence Switched Network)

Новые подключения к сети вызывают трудности с поддержкой AIN. Напомним, что средства интеллектуальной сети (Advanced Intelligent Network, AIN) были разработаны в Bell Labs в начале 1980х, и на сети связи США их внедряла компания Bellcore (наследница Bell Labs после 1984 г.). И вот сейчас – через 20-30 лет – обнаружилось чрезвычайные сложности с поддержкой сети AIN.

С самого начала принятия программы «Joint Vision 2010» за

интеллектуальную сеть AIN в составе глобальной оборонной сети DISN отвечает компания Lockheed Martin. Появление все новых боевых средств и новых сервисов требует непрерывного совершенствования средств AIN. Об этом свидетельствуют приглашения на работу в Lockheed Martin.

Подтверждением нехватки персонала служит сайт для ветеранов: *lockheedmartin-veterans.jobs*. И самое важное – приглашаются на работу **ветераны с 28-летним работы**, т.е. имеющие опыт работы с сетями коммутации каналов. Молодые специалисты, выросшие в среде веб-программирования, по-видимому, не в силах поддержать и развивать существующие сети AIN, построенные на технике коммутации каналов.

5. Особенности программирования сети GIG

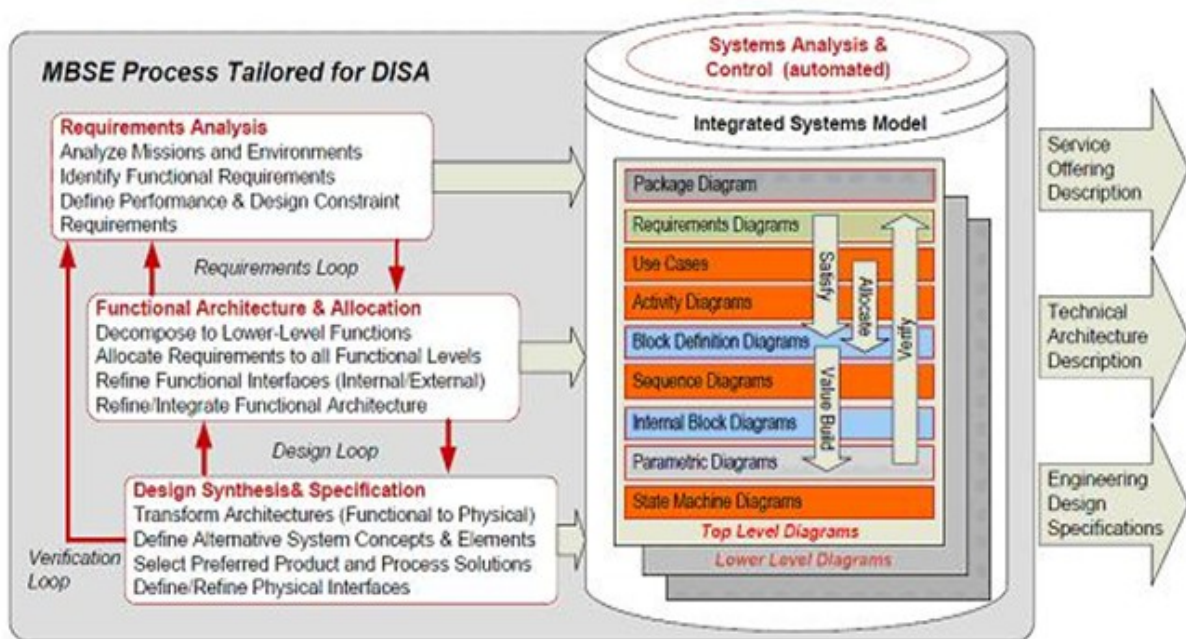


Рис. 6. Процесс разработки новейшей версии GIG2 по модели MBSE

В 2012 г. агентство DISA опубликовало руководящий документ GCMR 2012 [13]. Это уже третья версия требований по методологии построения GIG. Первая версия появилась в марте 2006 г. и, в соответствии с «Joint Vision 2020», была ориентирована на переход к IP протоколу: объявлялся переход на IP протокол в приложениях, сервисах и ставилась цель следовать концепции сетцентрической войны. Новая архитектура базируется на модель облачных вычислений, и этим отличается от прежних моделей, которые были сетцентрическими. К сожалению, в документе [14] ничего не сказано о судьбе прежних архитектурных решений: о сигнализации SS7, сети AIN и протоколе IP.

Общие требования DISA к разработке концепции GIG2 иллюстрирует рис. 6. В основе концепции лежит модель MBSE (Model based Systems Engineering) и язык SysML (Systems Modeling Language). Сама модель MBSE представляет собой коллекцию диаграмм на языке SysML.

Результатом разработки являются три типа документов:

- описания сервисов (Service Offering Description);

- описание архитектуры (Technical Architecture Description);
- технические спецификации разработки (Engineering Design Specification).

В качестве комментария мы хотели бы остановиться на архитектуре Mobility First [10]. Нам представляется, что эта поддерживаемая в США (грант NSF) университетская разработка имеет прямое отношение к рассматриваемым выше вопросам. Непосредственная задача этого проекта – описать будущую структуру Интернет, в которой вместо традиционных статических узлов и проводной связи определяющую роль будут играть мобильные узлы (не только клиенты, а и все серверы), а также беспроводные протоколы. Рисунок 7 иллюстрирует модель доставки контента в системе Mobility First.

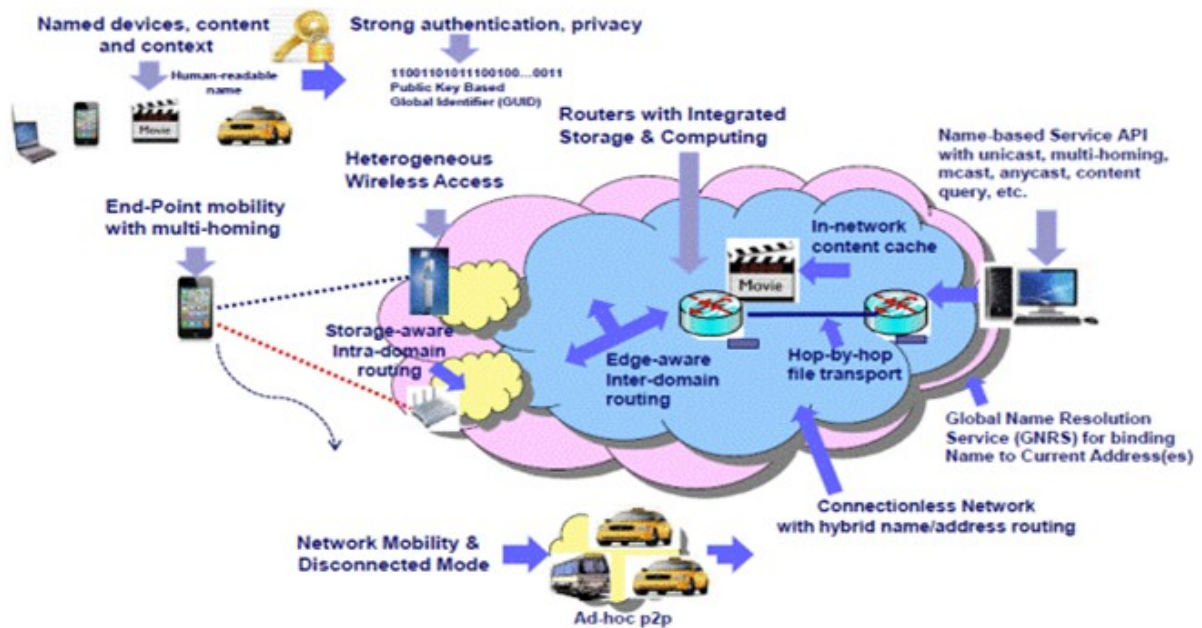


Рис. 7 Mobility First

Основные цели разработки: масштабируемая мобильность, надежность и безопасность сети, контекстно-зависимое представление сервисов.

Ключевые моменты архитектуры сети MobilityFirst: разделение именования и адресации, которое осуществляется с помощью глобальной службы разрешения динамических имен - Global Name Resolution Service (GNRS); само-сертификация публичных ключей для сетевых адресов, что поддерживает строгую аутентификацию и безопасность; устойчивость к задержкам маршрутизации с поддержкой хранения пакетов в пути; прямая маршрутизация между сетями; обеспечение работы транспортных протоколов на отдельных отрезках пути, а не на всем конечном пути; отдельная поддержка управления сетью; возможность для пользователей вводить дополнительные ограничения по конфиденциальности; поддержка вычислений и хранения данных непосредственно на сетевых маршрутизаторах. Иными словами – SDN для набора микросетей [15].

6. ОАО «Ростелеком» идет к «All-over-IP»

В настоящее время намечается приватизация ОАО "Ростелеком". Государство рассчитывает выручить от сделки не менее 5 миллиардов долларов. Возникает вопрос: оправдана ли ожидаемая выручка с точки зрения не сиюминутных, а долгосрочных интересов государства? Отметим, что «Ростелеком» является крупнейшим оператором связи в России, обслуживающим более 100 миллионов абонентов в 80 регионах страны. Еще не решенные задачи государственной важности в области связи, в том числе создание Системы 112, можно возложить на Ростелеком, если компания остается государственной, и затруднительно возложить, если она переходит в частные руки.

Вот подтверждение этим сомнениям. По информации "Коммерсанта", президент Владимир Путин 31 мая 2013 года одобрил идею ФСБ о создании интегрированной сети связи для нужд обороны, обеспечения безопасности и правопорядка [16]. В частности, речь идет о федеральной целевой программе "Создание интегрированной сети связи для нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка".

Но такой проект обойдется необоснованно дорого. В составе выделенной сети специальной связи для всех силовых структур должны быть коммутаторы, наземные и спутниковые каналы связи, отдельный спутник и единый центр управления, рассказал бывший гендиректор "Ростелекома" Антон Колпаков: "Строительство подобной сети будет сопоставимо по масштабам со строительством второго "Ростелекома", но с меньшей пропускной способностью. Такая сеть будет стоить десятки миллиардов долларов".

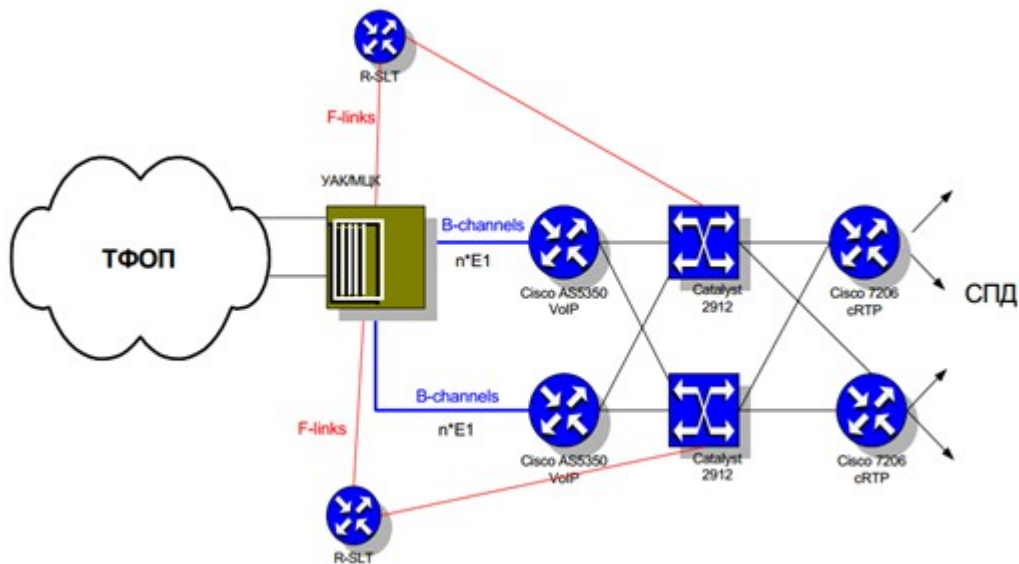


Рис. 8. Типовой узел IP сети

С целью обеспечения доходов от мультимедийного трафика «Ростелеком» взял курс на стратегию «All-over-IP», т.е. перестраивает сеть под IP протокол. Эти планы иллюстрирует презентация «Развитие сети IP

телефонии Ростелекома» [17]. На рис. 8 показано взаимодействие традиционных операторов ТФОП с интернет-операторами ITSP. При этом предполагается, что сохранятся имеющиеся услуги интеллектуальных сетей связи с доступом по кодам DEF: Бесплатный вызов, Телеголосование и другие.

Типовой узел новой IP сети полностью построен на оборудовании Cisco. Общение с узлом УАК/МЦК производится посредством системы ОКС-7 (по каналам F-links) и по В-каналам системы ISDN. Для общения с системой ОКС-7 указан узел SLT (Cisco Signaling Link Terminal). Подобная IP сеть строится вокруг каждого УАК/МЦК (узел автоматической коммутации/международный центр коммутации). На территории РФ их всего 8.



Рис. 9. IP/MPLS сеть ОАО «Ростелеком» [18]

Важнейшим проектом «Ростелекома» является высокоскоростная IP-магистраль (рис. 9), которая построена на базе ресурсов собственной первичной сети по технологии MPLS (Multi-protocol Label Switching) и обеспечивает конвергенцию услуг по передаче видео, речи и данных. IP/MPLS-инфраструктура имеет свыше 350 точек доступа на всей территории России, десять опорных и около 150 региональных узлов в регионах РФ, построена с использованием маршрутизаторов компании Juniper - магистральных маршрутизаторов T1600 производительностью до 1,6 Тбит/с и менее мощных пограничных маршрутизаторов. Общая протяженность магистральной сети составляет более 40 тыс. км., пропускная способность достигает 1 Тбит/с, емкость внешних каналов составляет 200 Гбит/с. Компания также присутствует на зарубежных узлах (в Стокгольме, Лондоне, Гонконге, Франкфурте, Амстердаме), имеет сеть собственных дата-центров в Москве, Казани, Екатеринбурге, Новосибирске, Хабаровске.

7. Две стратегии связистов России

Стратегия 1. Это – продолжить курс Ростелекома, что, образно

говоря, означает - «зажмуриться» и идти к «All-over-IP». Суть этой стратегии - продолжение строительства сетей связи средствами иностранных производителей. Идти к «All-over-IP», опасаясь - не случится ли коллапс сети и потеря управления страной.

Здесь уместно вспомнить историю. В 1991 г. в ходе операции "Буря в пустыне" США продемонстрировали новые средства ведения информационной войны. С помощью электронных излучателей американцам, например, удалось нарушить радио- и телефонную связь практически на всей территории Ирака, что в значительной мере предопределило исход боевых действий. Вывести из строя систему управления противовоздушной обороны Ирака спецслужбам США удалось с помощью активации специальных вирусов, которые были «заранее» спрятаны в памяти принтеров, приобретенных для этой системы у одной коммерческой фирмы.

Сети «Ростелекома» стали ареной борьбы двух американских компаний Cisco и Juniper. Действительно, на базе такого оборудования можно строить современные сети. Но, к сожалению, такой подход приведет к зависимости от этих компаний на все обозримое будущее. И как быть с безопасностью страны?

Стратегия 2. Суть этой стратегии заключается в выборе курса на импортозамещение, т.е. на развитие сетей связи собственными силами. Для этого надо вернуться к тому состоянию знаний, которые ранее были достигнуты лет 20 назад и развивать их далее. В данном случае такой точкой отсчета условно можно назвать систему ОКС-7. В России отставание от передового мирового уровня, конечно, большое, особенно по технике коммутации пакетов, где требуется мощная микроэлектроника. Но тем более стоит оценить перспективы коммутации каналов, т.е. вспомнить прошлое и продолжить движение вперед ускоренными темпами (догонять-то проще).

Примечание. Материал данной статьи частично содержится в [19, 20, 21].

Литература

1. Global Information Grid. Architectural Vision for a Net-Centric, Service-Oriented DoD Enterprise. Department of Defense. Version 1.0 June 2007.
2. Next Generation 9-1-1 (NG9-1-1) System Initiative Concept of Operations. U.S. Department of Transportation. April 6, 2007, Version 2.
3. U.S. Department of Transportation, Next Generation 9-1-1 (NG9-1-1) System Initiative Concept of Operations, Version 2.0. April 6, 2007.
4. U.S. Department of Transportation, *Next Generation 9-1-1 (NG9-1-1) System Initiative System Description and High-Level Requirements Document*, Version 1.1. July 31, 2007.
5. FCC. Technology Transitions, Order, Report & Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, Report Order, Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, Proposal for Ongoing Data Initiative, GN Docket No. 13-5, FCC 14-5 (rel. Jan. 31, 2014).
6. FCC. In the Matter of Technology Transitions GN Docket No. 13-5, March 19, 2014. <http://apps.fcc.gov/ecfs/document/view?id=7521093879> Retrieved: Jun, 2014.
7. ATT <http://www.phworld.org/history/attcrash.htm>

8. Michael Schmitt Coordinating the Global Information Grid Initiative with the NG9-1-1 Initiative // IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security May 2008 <http://www.inl.gov/technicalpublications/Documents/3901033.pdf> Retrieved: Jun, 2014.
9. В. Жигadlo. Телекоммуникационные сети военного назначения США и стран НАТО. Особенности и тенденции развития//Электроника НТБ. Выпуск #4/1999
10. B.T. Bennet. Information Dissemination Management/ Advanced intelligent Network services for department of Defence// MILCOM, 1999.
11. W.W. Chao. Emerging Advanced Intelligent Network (AIN) For 21st Century Warfighters// MILCOM, 1999
12. Tecelec http://jitic.fhu.disa.mil/tssi/cert_pdfs/tekeleceagle_tn1030701.pdf Retrieved: Jun, 2014.
13. DISA. Global Information Grid (GIG) Convergence Master Plan (GCMP), Vol. 1, 02 August 2012.
14. Venkataramani, A., Kurose, J. F., Raychaudhuri, D., Nagaraja, K., Banerjee, S., & Mao, Z. M. (2014). MobilityFirst: A Mobility-Centric and Trustworthy Internet Architecture. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 44(3), 74-80.
15. Mobility First: <http://mobilityfirst.winlab.rutgers.edu/> Retrived: Aug 2014
16. FCB http://hitech.newsru.com/article/28aug2013/fsb_bound Retrieved: Jun, 2014
17. Rostelecom http://support.comptek.ru/download/index.xhtml/255/rostelekom_burkov.pdf Retrieved: Jun, 2014
18. MPLS <http://servernews.ru/Rostelekom-opublikoval-kartu-magistralnoy-seti-IPMPLS> Retrieved: Jun, 2014
19. Шнепс-Шнеппе М. А. Телекоммуникации для экстренных и военных нужд: параллели //International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – №. 7. – С. 25-36.
20. Шнепс-Шнеппе М. А., Намиот Д. Е. Телекоммуникации для военных нужд: от сети GIG1 к сети GIG2 //International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – Т. 2. – №. 9. – С. 9-17.
21. Namiot, D., & SnepS-Sneppe, M. (2014). On M2M Software Platforms. International Journal of Open Information Technologies, 2(8), 29-33.

**Скрипачев В.О.¹, Назаренко А.С.², Пирхавка А.П.³,
Полушковский Ю.А.⁴, Яковлев О.В.⁵**

¹ Московский государственный технический университет МИРЭА, г. Москва, ст.
преподаватель, skripatchevv@inbox.ru

² Московский государственный технический университет МИРЭА, г. Москва, магистрант

³ Московский государственный технический университет МИРЭА, г. Москва, доцент

⁴ Московский государственный технический университет МИРЭА, г. Москва, ст.
преподаватель

⁵ Вычислительный центр РАН им. А.А. Дородницына, г. Москва, д.т.н., с.н.с

***Комплексирование информационных ресурсов для
мониторинга ионосферы***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ионосфера, программирование, обработка данных, глобальные навигационные спутниковые системы, радиотехнические системы, радиопередатчики.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается необходимость мониторинга состояния ионосферы. Приведены особенности технологий мониторинга по характеристикам глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и по характеристикам сигналов СДВ-радиопередатчиков. Рассматриваются особенности разработанного программного обеспечения.

Диагностика состояния ионосферы необходима для решения различных прикладных задач. Особенно она важна в связи с развитием наземных и спутниковых телекоммуникационных систем, поскольку через нее проходят радиосигналы, обеспечивающие [1-3]:

- связь между космическими аппаратами (КА);
- управление КА;
- навигационно-временное обеспечение по сигналам ГНСС;
- передачу данных с борта КА.

Общеизвестно влияние физических свойств ионосферы, особенно слоя F2 на высотах 250-400 км, на характеристики сигналов навигационных космических аппаратов (НКА) (затухание уровня сигналов, задержка времени распространения и др.).

Соответственно без знания состояния ионосферы невозможно внесение соответствующих поправок или рекомендаций в целях повышения эффективности КА и систем связи.

При осуществлении радиосвязи радиоволны распространяются, как правило, в волноводе, ограниченным поверхностью Земли и ионосферой.

Важнейшими параметрами при этом являются максимально применимая (MUF) и наименее применимая частоты (LUF). Максимально применимая частота – зависит от электронной плотности в F-слое ионосферы и угла падения радиоволн. Указанные параметры меняются в следствие солнечно-земных связей. Значение наименее применимой частоты зависит от степени поглощения радиоволн в нижней ионосфере (D и E – слои ионосферы), подверженной влиянию солнечных вспышек, что может привести к эффекту замирания сигналов в КВ радиодиапазоне (рис.1).

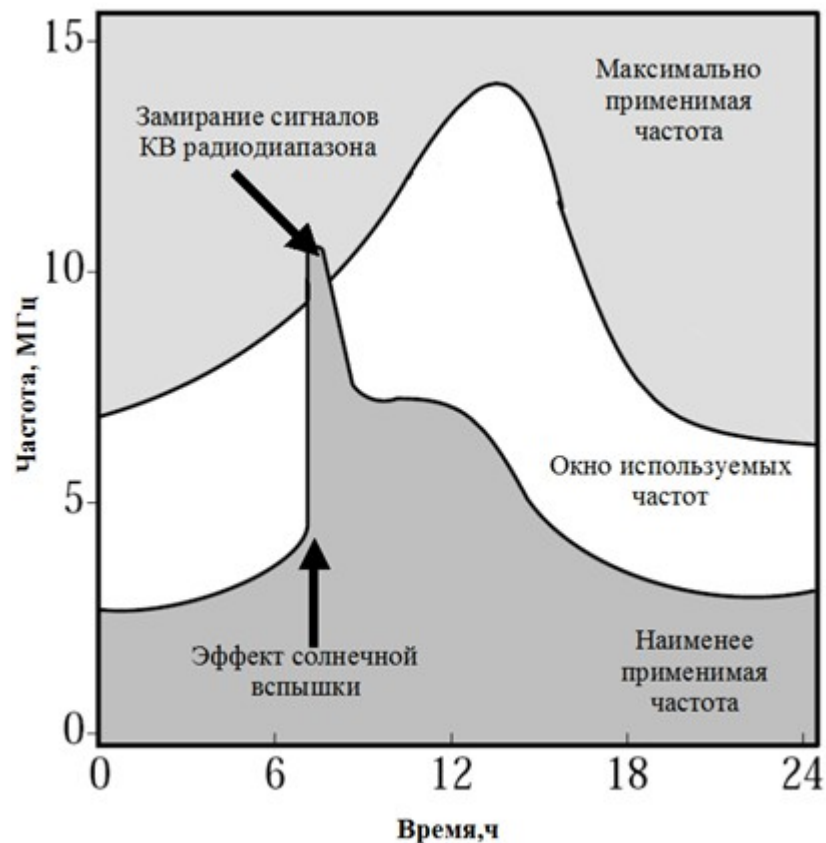


Рис.1. Окно используемых частот

Знание состояния ионосферы дополнительно может обеспечить информацию о наличии возмущений геосфер, в частности повышенной сейсмической активности, извержений вулканов [4].

Поэтому актуальным является ознакомление учащихся радиотехнических специальностей с методами и технологиями приема и обработки данных, отражающих сведения о состоянии ионосферы.

Одним из видов информационных ресурсов о состоянии ионосферы, могут быть данные о характеристиках навигационных сигналов ГНСС GPS, ГЛОНАСС, GALILEO и др.

ГНСС изначально были предназначены для решения прикладных задач, связанных с навигационно-временным определением [5]. Вместе с тем, область применения ГНСС может быть расширена за счет информационного ресурса, обусловленного использованием как орбитального, так и наземного сегментов. В настоящее время измерения,

получаемые с их помощью, широко используются при выполнении исследований ионосферы и тропосферы.

Скорость распространения радиоволны в ионосфере зависит от полного электронного содержания - TEC (Total Electron Concentration), которое может быть определено как

$$TEC = \int_S^P n_e(s) ds$$

Где $n_e(s)$ – концентрация электронов в ионосфере вдоль пути распространения сигнала от спутника S к приемнику P. Из приведенного уравнения следует, что чем ближе НКА к зениту, тем меньше длина пути через ионосферу. Следовательно, TEC имеет наименьшее значение в вертикальном направлении (Vertical TEC). Кроме того, концентрация электронов зависит от угла возвышения НКА, географического положения приемника, времени суток, активности Солнца.

Учитывая, что доступ к данным наземной навигационной аппаратуры в большинстве случаев свободный, то их использование в научных и учебных целях не вызывает затруднений ни в организационном, ни в техническом отношении. Так, сбор данных, необходимых для исследования ионосферы может осуществляться путем взаимодействия с серверами различных геодезических сетей, например, сеть International GNSS Service (<http://igs.csb.jpl.nasa.gov>), предоставляющая данные, содержащие характеристики сигналов GPS/ГЛОНАСС.

Информацию о координатах зарегистрированных GPS-приемников можно получить по адресу: <http://lox.ucsd.edu/cgi-bin/allCoords.cgi>. Станции наблюдений IGS ежедневно передают файлы данных в центры накопления данных. Как правило, файлы данных представляют собой формат RINEX (Receiver Independent Exchange Format), но могут быть записаны и в собственных бинарных форматах, характерных для каждой компании-разработчика приемников ГНСС GPS/ГЛОНАСС. Формат RINEX, разработан Астрономическим институтом Бернского университета, и он позволяет хранить и передавать промежуточные измерения произведенные приемником, а также проводить постобработку полученных данных различными приложениями.

Внутренняя структура RINEX-файлов, в которых содержатся данные о характеристиках сигналов ГНСС известна. RINEX-файл содержит измеренные GPS-приемником параметры сигналов всех НКА, находящихся в зоне радиовидимости приемника: альманах созвездия НКА, значения фазы для одной или обеих несущих частот, значения псевдодальности, метки времени, сведения о работоспособности бортовой аппаратуры НКА и др. В отдельный навигационный RINEX-файл объединяются эфемериды НКА, необходимые для вычисления их координат.

В настоящее время наиболее распространена версия 2.11 формата RINEX, в которой содержатся данные о псевдодальности, фазе несущей и доплеровском сдвиге частот для ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

Для обработки данных в формате RINEX авторами разработано программное обеспечение, основой которого является библиотека GPS Toolkit (<http://www.gpsstk.org>), представляющая собой набор классов, базирующихся на стандарте ISO C++ для работы с данными ГНСС GPS/ГЛОНАСС, что позволяет использовать ее на разных платформах. Классы построены по модульному принципу с расширением их возможностей за счет широкого применения концепций объектно-ориентированного программирования.

Набор классов GPSTk, а также вспомогательных утилит и приложений, обеспечивает широкий спектр готовых решений для задач, связанных с ГНСС, в том числе обработку и использование данных в стандартных форматах, таких как RINEX [6].

При описании используемых частотных поддиапазонов НКА ГЛОНАСС в программном обеспечении используется XML файл, для обработки которого использовалась программная библиотека TinyXML (<http://www.grinninglizard.com/tinyxml/index.html>).

Применение библиотеки TinyXML позволило преобразовать данные, хранимые в XML файле в объекты C++ и в последующем манипулировать ими в программном коде.

Для визуализации как исходных, так и рассчитанных данных, а также построения графического интерфейса (GUI) использован кроссплатформенный фреймворк Qt [7], отличительной особенностью которого является возможность создания системы предварительной обработки исходного кода - Meta Object Compiler. С использованием средств фреймворка Qt, разработанное программное обеспечение позволяет визуализировать подспутниковые траектории НКА GPS/ГЛОНАСС, измеренные характеристики сигналов ГНСС и рассчитанные значения ТЕС.

Второй информационный ресурс о состоянии ионосферы, основан на методике анализа характеристик СДВ-радиосигналов, принимаемых наземными приемниками. Источником сигналов является мировая сеть СДВ-радиопередатчиков, работающих в диапазоне частот 10...50 кГц. Высота отражения сигнала и степень его поглощения (затухания) ионосферой определяется различными гелиогеофизическими факторами, что проявляется в характеристиках принимаемого сигнала.

Методика заключается в приеме наземным радиоприемником сигнала СДВ сигнала радиопередатчика, отраженного от слоев E и D ионосферы. В качестве аналогово-цифрового преобразователя, как правило, использована звуковая карта ПЭВМ с частотой дискретизации не менее 96 кГц.

Экспериментально установлено, что среднесуточный объем данных по наблюдениям сигналов от ~25 постоянно работающих СДВ-радиопередатчиков мировой сети может составить несколько сот мегабайт, что обуславливает необходимость применения современных информационных технологий для сбора и обработки результатов

наблюдения.

Для обработки данных СДВ-радиосигналов авторами разработано программное обеспечение, выполняющее функции:

- корректировка конфигурационного файла с добавлением новых частот для диагностики возможного расширения спектра;
- селекция данных по частотам;
- слияние в один файл данных измерений по частотам в заданные интервалы времени.
- 2D и 3D визуализация результатов измерений.

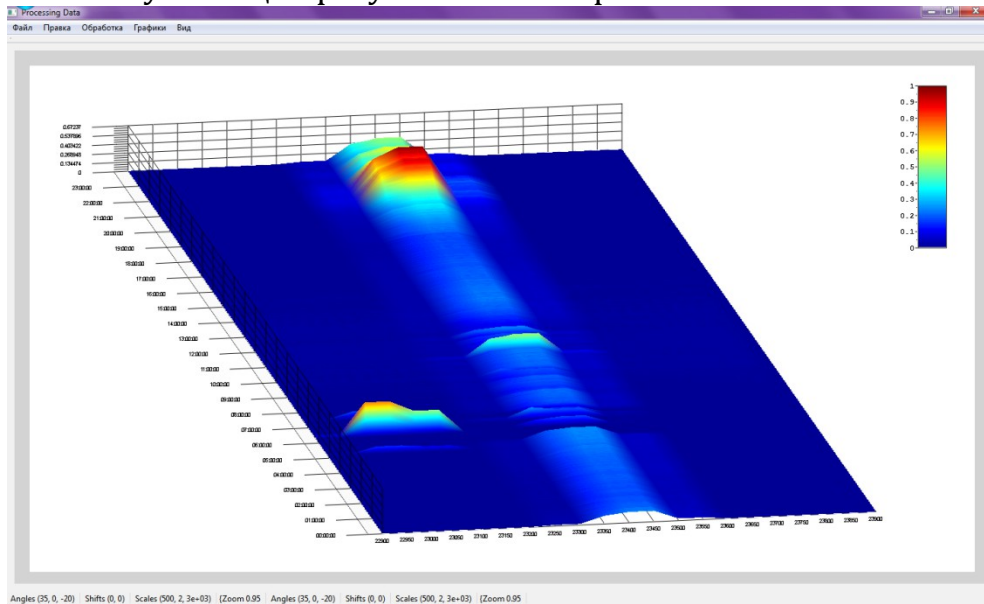


Рис.2. Пример 3D визуализации данных 10.06.2014

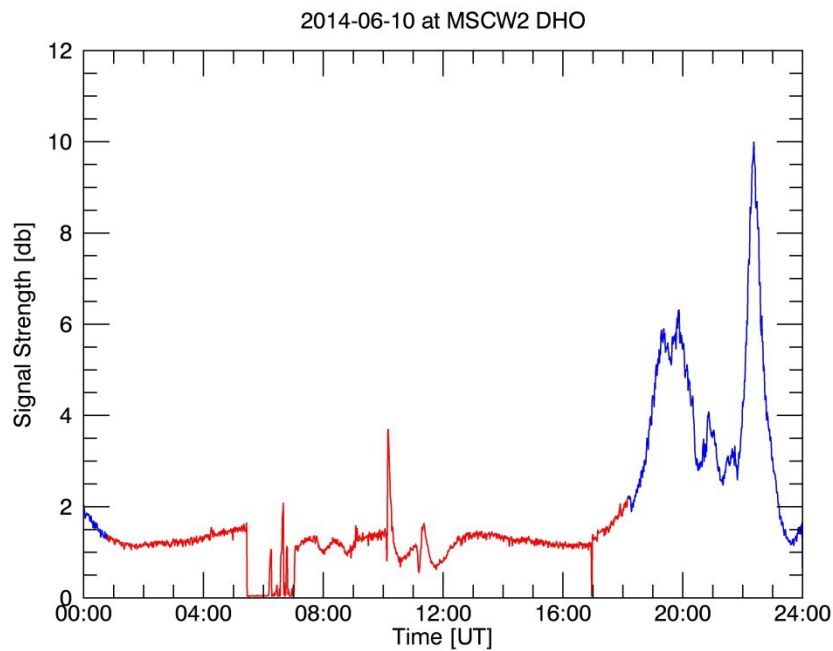


Рис.3. Пример 2D визуализации данных 10.06.2014

При разработке программного обеспечения обработки данных СДВ-радиосигналов также использовался фреймворк Qt. Обработанные данные позволяют оценить вариации мощности (Дб) принимаемого сигнала от любого из работающих СДВ-радиопередатчиков. При этом учитывается время восхода и захода Солнца, что позволяет судить об особенностях ионосферных процессов при прохождении линии терминатора через зону отражения СДВ-сигнала от возмущенной области ионосферы.

С помощью разработанного программного обеспечения 10.06.2014 были получены данные о появлении солнечной вспышки X-класса (рис. 2, 3). Результаты подтвердились по данным, полученным с КА GOES-15.

Комплексирование рассмотренных технологий мониторинга состояния ионосферы как с помощью ГНСС GPS/ГЛОНАСС, так и СДВ-приемников позволит студентам получить теоретические и практические навыки учета эффектов космической погоды при разработке радиотехнических систем.

Литература

1. Nathan Blaunstein, Eugeniu Plohotniuc. *Ionosphere and Applied Aspects of Radio Communication and Radar*. CRC Press, 2008, 600p.
2. Blaunstein N., Pulinets S.A., and Cohen Y., *Computation of the Key Parameters of Radio Signals Propagating through a Perturbed Ionosphere in the Land-Satellite Channel*, *Geomagnetism and Aeronomy*, 53, No. 2, 204–215, 2013.
3. Peter Fortescue, Graham Swinerd, John Stark. *Spacecraft Systems Engineering*. Wiley; 4 edition, 2011, 724p.
4. С.И. Авдюшин, Н.П. Данилкин, С.В. Журавлев, Н.М. Давыдов, В.И. Лукьященко, В.А. Шувалов, А.И. Коваленко. Исследование и отработка многофункционального радиофизического комплекса для зондирования ионосферы, поверхности и подповерхности структур Земли с борта космических аппаратов. // *Космонавтика и ракетостроение*. 2007. №4 (49). С.158-163.
5. Guochang Xu. *GPS: Theory, Algorithms and Applications*. - Springer; 2nd edition. - 2007. - 340p.
6. Brian Tolman, R. Benjamin Harris, Tom Gaussiran, David Munton, Jon Little, Richard Mach, Scot Nelsen, Brent Renfro, ARL:UT; David Schlossberg, University of California Berkeley. *The GPS Toolkit - Open Source GPS Software* // *Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2004)*. - Long Beach, California. - September 2004.
7. Jasmin Blanchette, Mark Summerfield. *C++ GUI Programming with Qt4*. - Prentice Hall, 2nd edition. - 2008. - 752p.

СЕКЦИЯ 11. БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Чочиа П.А.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), г. Москва, к.т.н., старший научный сотрудник, chochia@iitp.ru

Модификация модели и алгоритмов обработки при переходе от двумерных к трехмерным изображениям

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Обработка изображений, трехмерное изображение, модель изображения, большие данные.

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются вопросы модификации двухмасштабной модели и алгоритмов обработки при переходе от двумерных к трехмерным изображениям. Показываются способы сокращения объема вычислений при обработке больших данных.

1. Особенности трехмерного изображения

Под термином *трехмерное* или *3D-изображение* зачастую понимаются совершенно различные виды данных [1,2]. Ниже под трехмерным изображением (непрерывным или дискретным) будут пониматься исключительно изображения, задаваемые функцией трех координат, которая гомеоморфно отображает некоторый объемный участок трехмерного пространства, включая все содержащиеся в нем объекты. 3D-изображение можно рассматривать как расширение 2D-изображения путем добавления еще одного пространственного измерения. Предполагается, что значения точек исходного пространства с координатами (m,n,k) описываются функцией $f(m,n,k)$, имеющей свойства плотности некоторой выбранной физической характеристики.

В дискретном виде трехмерное изображение представляется массивом $\mathbf{X} = [x_{mnk}]$ размерами $M \times N \times K$. Как и в 2D-изображении, значение каждого элемента x_{mnk} есть квантованное на $(x_{\max}+1)$ градаций значение логарифма яркости (энергии) $0 \leq x_{mnk} \leq x_{\max}$, которое для краткости будем называть просто *яркостью*. Дискретный элемент 3D-изображения принято называть *вóксель* (англ. *voxel* — volumetric pixel). Трехмерное изображение, отображающее некоторую сцену, можно рассматривать состоящим из плотно упакованных связанных трехмерных областей (объектов), соответствующих деталям сцены. *Областью* или *объектом* будем называть максимальное по размеру связанное множество элементов изображения, имеющих близкие, возможно плавно меняющиеся значения яркости. Области могут соприкасаться произвольным образом, в том числе одна область может быть полностью окружена другой. На границах соседних областей значения яркости должны заметно различаться. Не

соприкасающиеся области могут иметь произвольные, в том числе и совпадающие яркости. Пространственные границы между соседними областями, как объектами различающейся яркости, называют *контурами*. Трехмерные изображения характеризуются следующими свойствами:

— в трехмерном изображении объект (3D-объект) — пространственная фигура, а само 3D-изображение — пространственно ограниченная совокупность плотно упакованных 3D-объектов, заполняющих отображаемый участок пространства;

— контуры в 3D-изображении — пространственные границы между объектами;

— сечение 3D-изображения плоскостью любого направления, а также проекция 3D-изображения на плоскость любого направления дают двумерный сигнал со всеми свойствами обычного 2D-изображения.

1.1. Локальные операции, окрестности и соседство элементов

Рассматриваемая ниже двухмасштабная модель изображения является по сути *локальной*, т.е. такой, которая для каждого произвольно взятого элемента изображения x_{mnk} описывает его взаимосвязи лишь с некоторым пространственно ограниченным множеством элементов $V_d(x_{mnk})$ или просто $V_d(x)$, которые его окружают и находятся от центрального элемента не далее расстояния d . Множество элементов $V_d(x)$, окружающее центральным элемент (воксель) x_{mnk} , при $d \leq 23$ будем называть *окрестностью* и обозначать далее как V_{mnk} , а при $d \geq 1$ — *фрагментом* и обозначать W_{mnk} . Отметим также, что в зависимости от выполняемых операций сам центральный элемент x_{mnk} может как принадлежать, так и не принадлежать $V_d(x)$. Соответственно, операции вида

$$y_{mnk} = f\{x_{ijl} \mid x_{ijl} \in V_d(x_{mnk})\}, \quad (1)$$

в которых результат в каждой точке (m,n,k) зависит лишь от значений элементов x_{ijl} , входящих в $V_d(x_{mnk})$, называются *локальными операциями*.

При переходе из 2D в 3D, варианты симметричных окрестностей и соседства элементов претерпевают следующие изменения. Окрестность из 22 элементов (4 пикселя) становится окрестностью из 222 элементов (8 вокселей), в которой каждый воксель соседствует с каждым. В двумерной окрестности из 33 элементов (9 пикселей), как известно, можно рассматривать два варианта соседства элементов: 4-соседство (только по граням пикселей) и 8-соседство (по граням и вершинам пикселей) [3]. Аналогом первого из них в 3D будет окрестность с 6-соседством вокселей (Рис. 1,а). Аналогом второго — окрестность с 26-соседством вокселей (Рис. 1,в). Возможен промежуточный вариант с 18-соседством вокселей (Рис. 1,б). Выбор варианта окрестности обычно определяется контекстом задачи и используемым алгоритмом.

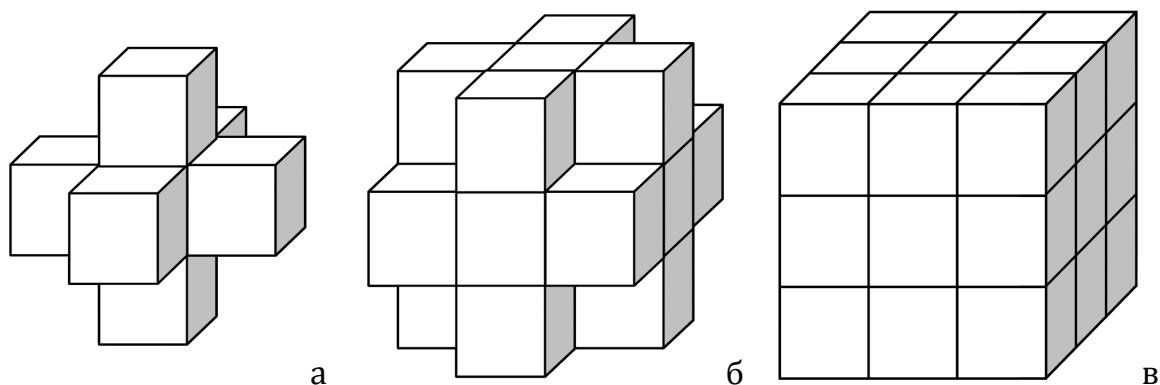


Рис. 1. Варианты окрестностей и соседства элементов (вокселей) в 3D: а) 6-соседство вокселей; б) 18-соседство вокселей; в) 26-соседство вокселей

2. Двухмасштабная модель трехмерного изображения

Аналогично модели обычного 2D-изображения [4], 3D-изображение также удастся описать двухмасштабной моделью, представляющей статистические взаимосвязи элементов как на масштабе малого размера в несколько шагов дискретизации, так и на масштабе большого размера, соразмерного объектам изображения. Значения элементов 3D-изображения $X = [x_{mnk}]$ при этом представляются в виде суммы статистически независимых компонент:

$$x_{mnk} = S_{mnk} + t_{mnk} + \xi_{mnk}. \quad (2)$$

Первый член суммы — кусочно-гладкая компонента S_{mnk} , определяющая средние уровни яркости протяженных областей изображения; t_{mnk} — текстурно-детальная компонента, несущая информацию о текстуре и мелких деталях; ξ_{mnk} — шумовая компонента, определяемая шумами регистратора, аналого-цифрового преобразователя и др. Все компоненты предполагаются независимыми и аддитивными, а t_{mnk} и ξ_{mnk} — нормально распределенными и несмещенными.

2.1. Масштаб малого размера

На масштабе малого размера (*масштабе элементов окрестности*) рассматривается сравнительно небольшое связанное множество элементов, расположенных на расстоянии нескольких шагов дискретизации. Как и в двумерной модели [4], элементы трехмерного изображения разделяются на два непересекающихся множества: попадающие на контурные участки (контурные) и не попадающие (фоновые), составляющие вместе полное изображение. Вводится понятие окрестности V_{mnk} элемента x_{mnk} как группы из R элементов $x_{mnk}^r \in V_{mnk}$, $r = 1, \dots, R$, ближайших к x_{mnk} , и попадающих в то же множество (контурное или фоновое), что и центральный элемент x_{mnk} .

Методом наименьших квадратов проводится гиперплоскость, наиболее близкая значениям элементов из V_{mnk} , составляющая с гиперплоскостью, ориентированной вдоль осей координат MNK , некоторый угол, величина и направление которого в точке (m, n, k) характеризуется вектором \mathbf{g}_{mnk} . В точке r окрестности проведенная гиперплоскость отличается от значения x_{mnk}^r на случайную величину γ_{mnk}^r . Такое

представление позволяет связать значения элементов окрестности $x_{mnk}^y \in V_{mnk}$ формулой:

$$x_{mnk}^r = \mu_{mnk} + \rho^r g_{mnk}^r + \gamma_{mnk}^r, \quad (3)$$

где μ_{mnk} — значение проведенной плоскости в центральной точке окрестности (m,n,k) , ρ^r — расстояние между центральным элементом x_{mnk} и x_{mnk}^r , g_{mnk}^r — величина проекции g_{mnk} на вектор из x_{mnk} в x_{mnk}^r , а γ_{mnk}^r — случайная величина.

Вводится понятие контурной маски $\mathbf{E} = [e_{mnk}]$: $e_{mnk} = 1$ для контурных и $e_{mnk} = 0$ для фоновых элементов. Обозначая для контурных и фоновых элементов g_{mnk}^r через φ_{mnk}^r и ψ_{mnk}^r , а γ_{mnk}^r через ζ_{mnk}^r и η_{mnk}^r соответственно, представим g_{mnk}^r и γ_{mnk}^r в виде сумм $g_{mnk}^r = e_{mnk}^r \varphi_{mnk}^r + (1 - e_{mnk}^r) \psi_{mnk}^r$ и $\gamma_{mnk}^r = e_{mnk}^r \zeta_{mnk}^r + (1 - e_{mnk}^r) \eta_{mnk}^r$. В результате получим формулу модели трехмерной окрестности:

$$x_{mnk}^r = \mu_{mnk} + e_{mnk}^r (\varphi_{mnk}^r \rho^r + \zeta_{mnk}^r) + (1 - e_{mnk}^r) (\psi_{mnk}^r \rho^r + \eta_{mnk}^r). \quad (4)$$

Здесь ζ_{mnk}^r — стохастическое возбуждение в точке r окрестности для контурных, а η_{mnk}^r — для фоновых элементов. Случайные величины φ_{mnk} , ψ_{mnk} , ζ_{mnk} , и η_{mnk} считаются некоррелированными и несмещенными, а шумовые составляющие ζ_{mnk} , и η_{mnk} — нормально распределенными. Эксперименты [4,5], показывают, что значения дисперсий компонент φ и ψ различаются в 10-100 раз.

2.2. Масштаб большого размера

На масштабе большого размера (*масштабе объектов фрагмента*) полагается, что гладкие составляющие S^v тех частей областей u^v ($v = 1, \dots, V$), которые попадают во фрагмент W_{mnk} , задаются полиномом степени не выше, чем ω . Тогда S_{ijl} внутри фрагмента W_{mnk} может быть описана формулой:

$$S_{ijl}^v(W_{mnk}) = \sum_{v=1}^V \delta_{u^v} \sum_{p=0}^{\omega} \sum_{q=0}^{\omega-p} \sum_{r=0}^{\omega-p-q} \alpha_{pqr}^v i^p j^q l^r; \quad (5)$$

здесь (i,j,l) — точка области u^v во фрагменте W_{mnk} ; $\delta_{u^v} = 1$, если точка $(i,j,l) \in u^v$ и $\delta_{u^v} = 0$ в остальных случаях. Добавляя в (5) текстурную t_{ijl} и шумовую ξ_{ijl} составляющие, получим выражение для значения элементов внутри фрагмента:

$$x_{ijl}^v = \sum_{v=1}^V \delta_{u^v} \left(\sum_{p=0}^{\omega} \sum_{q=0}^{\omega-p} \sum_{r=0}^{\omega-p-q} \alpha_{pqr}^v i^p j^q l^r + t_{ijl}^v + \xi_{ijl}^v \right). \quad (6)$$

Это общая формула модели, описывающей значения элементов областей внутри фрагмента. Значения t_{ijl}^v и ξ_{ijl}^v считаются нормально распределенными, но значения дисперсий t^v вообще говоря различаются от области к области.

На многих реальных изображениях области, в пределах типичного фрагмента анализа, имеют приблизительно постоянные яркости, не

меняющиеся заметно. Поэтому во многих случаях допустимо выбрать минимальную степень полинома: $\omega = 0$. Тогда $S_{ijl}^v(W_{mnk}) = S_{mnk}^v$ и (6) упрощается до следующего вида:

$$x_{ijl}^v = \sum_{u=1}^V \delta_{uv} \left(S_{mnk}^v + \xi_{ijl}^v + \xi_{ijl}^v \right). \quad (7)$$

Это формула кусочно-постоянной модели фрагмента для представления участков областей изображения, попадающих во фрагмент W_{mnk} .

На масштабе большого размера обычно предполагается, что фрагмент W_{mnk} является прямоугольным параллелепипедом; это вызвано особенностями алгоритмической реализации методов обработки трехмерных изображений.

3. Изменение алгоритмов фильтрации при переходе в 3D

Большинство алгоритмов фильтрации при переходе от двумерных к трехмерным сигналам модифицируются сравнительно просто. Покажем это на примере наиболее распространенных алгоритмов, основанных на частотной и пространственной фильтрациях.

3.1. Алгоритмы частотной фильтрации

Одним из эффективных подходов в обработке сигналов является применение глобальных методов фильтрации, использующих ортогональные преобразования: Фурье, Уолша-Адамара, косинусное, и пр. [6]. Наиболее распространен класс преобразований, обеспечивающих разложение сигналов по гармоническим функциям, из которых важнейшим является преобразование Фурье; на его примере и покажем модификацию преобразования.

При переходе от 2D- к 3D-изображениям трехмерными становятся как пространственная, так и частотная области представления данных, т.е. вместо двумерного получаем трехмерное Фурье-преобразование; все основные свойства преобразования Фурье при этом сохраняются.

Пусть $f(x, y, z)$ — непрерывная функция трех переменных x , y и z . Пара трехмерных непрерывных преобразований Фурье (прямое и обратное) задается следующими выражениями:

$$F(u, v, w) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y, z) e^{-i2\pi(xu+yv+zw)} dx dy dz \quad (8)$$

$$f(x, y, z) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u, v, w) e^{i2\pi(xu+yv+zw)} du dv dw, \quad (9)$$

где u , v и w — непрерывные частотные, а x , y и z — непрерывные пространственные переменные. Трехмерное дискретное преобразование Фурье (ДПФ) может быть записано в виде:

$$F(u, v, w) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{K-1} f(m, n, k) e^{-i2\pi(um/M+vn/N+wk/K)}, \quad (10)$$

где $f(m,n,k)$ — трехмерный цифровой массив размерами $M \times N \times K$. Обратное трехмерное дискретное преобразование Фурье будет иметь вид:

$$f(m,n,k) = \frac{1}{MNK} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{w=0}^{K-1} F(u,v,w) e^{i2\pi(um/M + vm/N + wk/K)} \quad (11)$$

для $0 \leq m < M$, $0 \leq n < N$ и $0 \leq k < K$, а также $0 \leq u < M$, $0 \leq v < N$ и $0 \leq w < K$.

Как и в двумерном случае, частотная фильтрация трехмерного сигнала производится выполнением прямого преобразования Фурье (10), модификацией полученного спектра $F(u,v,w)$, и последующим обратным преобразованием (11). По аналогии с преобразованием Фурье, другие ортогональные преобразования при переходе к трехмерному сигналу также несложно видоизменяются добавлением размерности.

3.2. Алгоритмы пространственной фильтрации

Пространственная фильтрация обычно осуществляется локальными операторами согласно формуле (1) с определенными ограничениями на размеры локальной области анализа $V_d(x)$, поскольку в случае функции $f(\cdot, \cdot)$ в (1) общего вида объем необходимых вычислений возрастает как минимум пропорционально числу элементов, попадающих в $V_d(x)$. Окрестности, которые в 2D случае содержат порядка $(2d)^2$ пикселей, в 3D будут содержать уже порядка $(2d)^3$ вокселей. Тем не менее для некоторых преобразований в трехмерном случае, как и в двумерном, удастся построить быстрые алгоритмы.

3.2.1. Алгоритмы, использующие оценку среднего по фрагменту

Ряд алгоритмов обработки двумерных изображений, связанных со сглаживанием, выделением низко- или высокочастотных составляющих, улучшением изображения, обобщаются следующей формулой [5,7]:

$$y_{mn} = f(x_{mn} - S_{mn}, D_{mn}) + bS_{mn} + c, \quad (12)$$

где x_{mn} — значение центрального элемента, S_{mn} — оценка сглаженного значения для точки (m,n) (например, значение арифметического среднего или медианы по фрагменту), D_{mn} — оценка дисперсии по фрагменту, $f(u,v)$ — зависимость усиления контраста, b и c — параметры преобразования. Так, при $f(u,v) = 0$ и $c = 0$ получаем выделение низкочастотной составляющей (сглаживание), при $f(u,v) = u$, $b = 0$ и $c = 0,5$ — выделение высокочастотной составляющей, а при $f(u,v) > u$, $b \square 1$ и $c \approx (1-b)/2$ — улучшение изображения [5,7].

Преобразования вида (12) легко переносятся на 3D-изображения добавлением размерности, но с учетом того, что S_{mnk} , а также u и v в $f(u,v)$ должны определяться уже не по двумерному, а по трехмерному фрагменту (прямоугольному параллелепипеду) с центром в точке (m,n,k) :

$$y_{mnk} = f(x_{mnk} - S_{mnk}, D_{mnk}) + bS_{mnk} + c. \quad (13)$$

Модификации алгоритмов быстрого вычисления арифметического среднего или медианы S_{mnk} , а также дисперсии D_{mnk} рассмотрены в конце статьи.

3.2.2. Модификация операторов контурных перепадов

В основе большинства алгоритмов обнаружения контуров на изображении лежат операторы контурных перепадов, использующие оценки значений либо первой, либо второй производной [3,8]. Для 2D-изображений контуры объектов суть линии, разделяющие плоские области; в случае, когда линии не имеют разрывов, получаем контурную карту изображаемой сцены.

В 3D-пространстве контурное изображение представляет собой множество разделяющих объекты поверхностей произвольной формы, и здесь возможно возникновение самых различных конфигураций контуров, например, становятся допустимыми самопересечения и узлы. Сечение 3D-контурного изображения плоскостью представляет собой двумерную карту контуров. Однако такая карта не обязана совпадать с картой, получаемой проведением контуров по 2D-изображению, являющемуся сечением 3D-изображения той же плоскостью.

Рассмотрим модификации базовых операторов контурных перепадов на основе первой и второй производных при переходе от 2D- к 3D-изображениям в рамках трехмерных окрестностей, рассмотренных выше.

На основе первой производной: оператор Робертса

Оператор Робертса для двумерного изображения описывается формулой:

$$y(m,n) = \{|x(m,n) - x(m+1,n+1)| + |x(m+1,n) - x(m,n+1)|\}/2, \quad (14)$$

т.е. как сумма модулей разностей значений диагональных элементов по квадрату 2x2 пикселей. Для 3D-изображения оператор Робертса [9] будет представлять сумму модулей разностей элементов в диагоналях куба из 2x2x2 пикселей:

$$y(m,n,k) = \{|x(m,n,k) - x(m+1,n+1,k+1)| + |x(m+1,n,k) - x(m,n+1,k+1)| + |x(m,n+1,k) - x(m+1,n,k+1)| + |x(m,n,k+1) - x(m+1,n+1,k)|\}/4. \quad (15)$$

На основе первой производной: оператор Собела

Оператор Собела для двумерного изображения описывается формулой:

$$y(m,n) = \{|x(m-1,n-1) + 2x(m-1,n) + x(m-1,n+1) - x(m+1,n-1) - 2x(m+1,n) - x(m+1,n+1)| + |x(m-1,n-1) + 2x(m,n-1) + x(m+1,n-1) - x(m+1,n-1) - 2x(m+1,n) - x(m+1,n+1)|\}/8. \quad (16)$$

Чтобы задать оператор Собела [3] (и аналогичные ему) для 3D-изображения, первоначально определим частные отклики как модули разностей значений элементов для каждого из направлений m , n и k , что соответствует выражению под одним из знаков модуля в (16). Для направления m такую зависимость $y_m(m,n,k)$ с точностью до коэффициентов a , b и c можно выразить формулой:

$$y_m(m,n,k) = |ax(m-1,n-1,k-1) + bx(m-1,n-1,k) + ax(m-1,n-1,k+1) + bx(m-1,n,k-1) + cx(m-1,n,k) + bx(m-1,n,k+1) + ax(m-1,n+1,k-1) + bx(m-1,n+1,k) + ax(m-1,n+1,k+1) -$$

$$\begin{aligned}
& - ax(m+1,n-1,k-1) - bx(m+1,n-1,k) - ax(m+1,n-1,k+1) - \\
& - bx(m+1,n,k-1) - cx(m+1,n,k) - bx(m+1,n,k+1) - \\
& - ax(m+1,n+1,k-1) - bx(m+1,n+1,k) - ax(m+1,n+1,k+1) | / (4a+4b+c).
\end{aligned} \tag{17}$$

Аналогичным образом записываются модули разностей $y_n(m,n,k)$ и $y_k(m,n,k)$ для составляющих n и k . Трехмерный оператор, аналогичный оператору Собела, выразим через корень из суммы квадратов откликов по трем направлениям:

$$y(m,n,k) = \{[y_m(m,n,k)]^2 + [y_n(m,n,k)]^2 + [y_k(m,n,k)]^2\}^{1/2}. \tag{18}$$

Коэффициенты a , b и c рекомендуется выбирать как 1, 2 и 3 соответственно.

На основе второй производной: оператор Лапласа

Оператор Лапласа для двумерного изображения описывается формулой:

$$\begin{aligned}
y(m,n) = \{ & x(m-1,n-1) + x(m-1,n) + x(m-1,n+1) + x(m,n-1) + x(m,n+1) + \\
& + x(m+1,n-1) + x(m+1,n) + x(m+1,n+1)\} / 8 - x(m,n).
\end{aligned} \tag{19}$$

Модификацию оператора Лапласа [3] для 3D-изображения можно выразить как

$$y_{mnk} = \left(\frac{1}{Q_V} \sum_{x_{ijl} \in V_{mnk}} x_{ijl} \right) - x_{mnk}, \tag{20}$$

где V_{mnk} — окрестность точки x_{mnk} , не включающая саму центральную точку x_{mnk} , Q_V — число точек в такой окрестности, $\{x_{ijl}\}$ — набор элементов окрестности V_{mnk} . В качестве V_{mnk} может выступать одна из окрестностей, показанных на Рис. 1; для окрестности (а) $Q_V = 6$, для (б) $Q_V = 18$, для (в) $Q_V = 26$.

Другие контурные операторы

Как и для двумерного случая, возможно построение и других детекторов, позволяющих обнаруживать контурные перепады, например, разности максимума и минимума значений элементов окрестности V_{mnk} :

$$y(m,n,k) = \max\{x_{ijl} \mid x_{ijl} \in V_{mnk}\} - \min\{x_{ijl} \mid x_{ijl} \in V_{mnk}\}.$$

3.2.3. Фильтрация импульсных помех

Импульсными помехами называют сравнительно редкие искажения отдельных элементов изображения, когда значения помехи значительно отличаются от истинных значений сигнала и не коррелированы с ними. Модель искажения изображения импульсными помехами несложна. Значение каждого из элементов x_{mnk} изображения с вероятностью p заменяется на случайное значение ξ_{mnk} независимо от значений остальных элементов. Обозначим через $\mathbf{X}' = [x'_{mnk}]$ исходное неискаженное изображение, через $\mathbf{X} = [x_{mnk}]$ — искаженное импульсной помехой, а через $\mathbf{Y} = [y_{mnk}]$ — результат фильтрации. Процесс искажения представится в виде:

$$x_{mnk} = \begin{cases} x'_{mnk} & \text{с вероятностью } (1-p) \text{ для неискаженного элемента,} \\ \xi_{mnk} & \text{с вероятностью } p \text{ для элемента, искаженного помехой.} \end{cases} \tag{21}$$

Как правило полагается, что значения импульсных помех ξ_{mnk} распределены равномерно в диапазоне яркостей $[0, x_{\max}]$. Фильтрация

импульсных помех сводиться к обнаружению помех и коррекции искаженных отсчетов яркости.

Наиболее распространенные алгоритмы фильтрации основываются на предсказании значения элемента \tilde{x}_{mnk} по окружающей его окрестности V_{mnk} . При этом используются локальные корреляционные связи близлежащих элементов изображения и учитывается, что шум пространственно декоррелирован. При обнаружении сравниваются наблюдаемое x_{mnk} и предсказываемое \tilde{x}_{mnk} значения. Если они отличаются более, чем на величину некоторого порога обнаружения δ , считается, что x_{mnk} — помеха и осуществляется ее исправление на значение \tilde{x}_{mnk} . Общая формула вычисления \tilde{x}_{mnk} при этом в целом повторяет формулу (1):

$$\tilde{x}_{mnk} = f\{x_{ijl} \mid x_{ijl} \in V_{mnk}\}. \quad (22)$$

В качестве функции $f\{\cdot\}$ в (22) могут выступать различные линейные или нелинейные операторы — как каузальные, так и некаузальные [10]. Обобщенная формула фильтрации для большинства алгоритмов будет следующей:

$$y_{mnk} = \begin{cases} x_{mnk}, & \text{если } |x_{mnk} - \tilde{x}_{mnk}| < \delta; \\ \tilde{x}_{mnk}, & \text{если } |x_{mnk} - \tilde{x}_{mnk}| \geq \delta. \end{cases} \quad (23)$$

Как было показано в [10], наилучшие результаты фильтрации импульсных помех достигаются алгоритмами, основанными на использовании в качестве $f\{\cdot\}$ в (22) значения медианы по симметричной окрестности обрабатываемого элемента: $f(V_{mnk}) = \text{med}\{x_{ijl} \in V_{mnk}\}$. При больших p , когда вероятность искажения пары соседних вокселей достаточно высока, рекомендуется итеративный процесс фильтрации: первоначально с большим значением порога δ , затем с постепенным его уменьшением. Рекомендуется для первой итерации применять окрестность на Рис. 1,а, а для последующих — окрестности на Рис. 1,б и (в).

3.2.4. Декомпозиция изображения

Вопросы декомпозиции, означающей в терминах модели (2) разделение изображения на сглаженную S и текстурно-детальную компоненты $(t + \xi)$, были рассмотрены в [5,7,11,12]. Согласно изложенному в них алгоритму, для каждой точки изображения (m,n) производится последовательный анализ изображения сначала по окрестности V_{mn} , а затем по фрагменту W_{mn} , окружающим центральный элемент x_{mn} . При этом по сути анализируются лишь распределения значений элементов по окрестности V_{mn} и фрагменту W_{mn} .

Такой подход позволяет перейти от 2D- к 3D-изображению — достаточно вместо двумерных окрестности V_{mn} и фрагмента W_{mn} подставить в формулы трехмерные окрестность V_{mnk} и фрагмент W_{mnk} . В нотации [12], алгоритм декомпозиции трехмерного изображения формулируется следующим образом.

При заданных размерах $l_x \times l_x \times l_x$ окрестности V_{mnk} и $L_x \times L_x \times L_x$ фрагмента W_{mnk}

($l < L$), центрированных в точке (m, n, k) , ширине яркостных интервалов анализа Δ^V и Δ^W , а также ранговых параметрах $n^V < l^3/2$ и $n^W < L^3/2$ соответственно, значение сглаженной компоненты S_{mnk} в (2) находится выполнением следующих операций для каждой точки (m, n, k) изображения:

1. Подсчитываются гистограммы (вероятности распределения) по трехмерным окрестности $H_{mnk}^V = \{h_{mnk}^V(i)\}$ и фрагменту $H_{mnk}^W = \{h_{mnk}^W(i)\}$ с центром в (m, n, k) .

2. По гистограмме окрестности H_{mnk}^V и заданному значению n^V находятся ранговые параметры $R_1^V = R^V(n^V/l^3)$ и $R_2^V = R^V(1 - n^V/l^3)$; здесь $R(x)$

определяется как решение уравнения $\sum_{i=0}^{R(x)} h_{mnk}^V(i) = x$, где $h_{mnk}^V(i)$ — гистограмма значений элементов в окрестности V_{mnk} . Сравнением значения центрального элемента x_{mnk} с R_1^V и R_2^V определяется промежуточное усеченное значение \tilde{x}^V : $\tilde{x}^V = x_{mnk}$, если $R_1^V \leq x_{mnk} \leq R_2^V$; $\tilde{x}^V = R_1^V$, если $x_{mnk} < R_1^V$; и $\tilde{x}^V = R_2^V$, если $x_{mnk} > R_2^V$.

3. Из элементов окрестности V_{mnk} выбираются z значений $x_{mnk}^r \in V_{mnk}$ ($r = 1, \dots, z$), попадающих в интервал $(\tilde{x}^V - \Delta^V, \tilde{x}^V + \Delta^V)$, где Δ^V — его полуширина. По значениям x_{mnk}^r , попадающим в данный интервал, подсчитывается среднее [13]:

$$\bar{x}_{mnk} = A(V_{mnk}, x_{mnk}, n^V, \Delta^V) = \frac{1}{z} \sum_{r=1}^z x_{mnk}^r, \quad \tilde{x}^V - \Delta^V \leq x_{mnk}^r \leq \tilde{x}^V + \Delta^V. \quad (24)$$

4. Аналогично п. 2, по гистограмме фрагмента H_{mnk}^W и заданному n^W находятся ранговые значения $R_1^W = R^W(n^W/L^3)$ и $R_2^W = R^W(1 - n^W/L^3)$. Сравнением значения \bar{x}_{mnk} с R_1^W и R_2^W определяется значение \tilde{x}^W : $\tilde{x}^W = \bar{x}_{mnk}$, если $R_1^W \leq \bar{x}_{mnk} \leq R_2^W$; $\tilde{x}^W = R_1^W$, если $\bar{x}_{mnk} < R_1^W$; и $\tilde{x}^W = R_2^W$, если $\bar{x}_{mnk} > R_2^W$.

5. Сглаженное значение S_{mnk} находится по гистограмме фрагмента H_{mnk}^W как медиана значений H_{mnk}^W , попадающих в интервал $(\tilde{x}^W - \Delta^W, \tilde{x}^W + \Delta^W)$:

$$S_{mnk} = \text{med}(W_{mnk}, \bar{x}_{mnk}, n^W, \Delta^W). \quad (25)$$

Полученное значение S_{mnk} считается искомой сглаженной компонентой. Упрощенный вариант данного алгоритма позже был опубликован в [14] под названием *билатеральная фильтрация*.

3.2.5. Обнаружение объектов заданного объема

В [12] показано, что изложенный выше алгоритм декомпозиции можно использовать для обнаружения объектов на изображении. Аналогично 2D-изображениям, для которых решается задача обнаружения объектов по их площади, в трехмерной модификации ставится задача обнаружения объектов по их объему.

Данная задача также формулируется в трех вариантах: обнаружение объектов с объемом (т.е. числом элементов) Q^j больше заданного T , меньше заданного T , и обнаружение объектов, имеющих объем в интервале

$T_1 < Q^j < T_2$. Алгоритм обнаружения для 3D-изображений принципиально не отличается от алгоритма для 2D, который изложен в [12]; достаточно лишь в обозначения координат добавить третье измерение, а плоский прямоугольный фрагмент W_{mn} заменить на прямоугольный параллелепипед W_{mnk} . Как понятие площади в двумерном случае, так и понятие объема в трехмерном варианте алгоритма используется несколько в необычном смысле — как «локальный» объем, т.е. объем той части объекта, которая попадает внутрь фрагмента W_{mnk} .

4. Некоторые вычислительные алгоритмы

4.1. Сумма по прямоугольному параллелепипеду

Введем обозначение для суммы по фрагменту 2D-изображения:

$$S_{(ij)(mn)} = \sum_{u=i}^{m-1} \sum_{v=j}^{n-1} x_{uv},$$

т.е. $S_{(ij)(mn)}$ — сумма значений элементов x_{uv} , попадающих в прямоугольный фрагмент, диагональные точки которого имеют координаты (i, j) и $(m-1, n-1)$. Обратим внимание, что фрагмент при этом не включает точку с координатами (m, n) и соответствующие ей строку и столбец. Аналогично для трехмерного изображения, $S_{(ijl)(mnk)}$ — сумма значений элементов x_{ijl} в прямоугольном параллелепипеде с координатами диагональных углов (i, j, l) и $(m-1, n-1, k-1)$:

$$S_{(ijl)(mnk)} = \sum_{u=i}^{m-1} \sum_{v=j}^{n-1} \sum_{w=l}^{k-1} x_{uvw}.$$

Для 2D-изображения классический способ вычисления суммы $S_{(mn)}$ _{$(m+H, n+L)$} по скользящему прямоугольному фрагменту размерами $H \times L$ элементов при переходе от элемента (m, n) к элементу $(m, n+1)$ сводится к формуле

$$S_{(m, n+1)(m+H, n+L+1)} = S_{(m, n)(m+H, n+L)} - S_{(m, n)(m+H, n+1)} + S_{(m, n+L)(m+H, n+L+1)}, \quad (26)$$

где последние два члена — суммы элементов по левому (удаляемому) и правому (добавляемому) столбцам фрагмента. Алгоритм требует 4 операции независимо от размеров фрагмента — 2 операции в выражении (26) и две операции на пересчет каждой из сумм по столбцу $S_{(m, n)(m+H, n+1)}$ при переходе от строки m к строке $m+1$. Дополнительно требуется N ячеек для хранения сумм по столбцам.

При переходе к 3D-изображению, формула (26) будет модифицирована для скользящего прямоугольного параллелепипеда размерами $H \times L \times J$:

$$S_{(m, n, k+1)(m+H, n+L, k+J+1)} = S_{(m, n, k)(m+H, n+L, k+J)} - S_{(m, n, k)(m+H, n+L, k+1)} + S_{(m, n, k+J)(m+H, n+L, k+J+1)}, \quad (27)$$

где последние два члена — суммы элементов по левой (удаляемой) и правой (добавляемой) граням параллелепипеда. Данный алгоритм требует уже 6 арифметических операции независимо от размеров фрагмента — 2 операции в выражении (27), две операции на пересчет каждой из сумм по граням и две на пересчет сумм по столбцам. Кроме того, требуется N ячеек

для хранения массива сумм по граням и $N \times K$ ячеек для хранения сумм по столбцам.

Для двумерного изображения известен и другой алгоритм вычисления суммы по прямоугольнику произвольного размера. Пусть для каждой точки (m, n) подсчитаны суммы S_{mn} по прямоугольнику с диагональными элементами x_{00} и $x_{m-1, n-1}$, т.е. $S_{mn} = S_{(0,0)(m,n)}$. Тогда сумма $S_{(ij)(mn)}$ значений элементов внутри прямоугольника с угловыми координатами (i, j) и $(m-1, n-1)$ будет:

$$S_{(ij)(mn)} = S_{mn} - S_{m,j} - S_{i,n} + S_{ij}, \quad (28)$$

что в среднем для каждого элемента изображения требует 2 операции для вычисления суммы S_{mn} и 3 операции для вычислений по формуле (28). Однако для хранения сумм S_{mn} требуется уже $M \times N$ ячеек, равное размеру изображения.

Алгоритм (28) также может быть модифицирован для трехмерного изображения. Пусть для каждой точки (m, n, k) подсчитаны суммы S_{mnk} по прямоугольному параллелепипеду с диагональными элементами x_{000} и $x_{m-1, n-1, k-1}$, т.е. $S_{mnk} = S_{(000)(mnk)}$. Нетрудно показать, что в таком случае сумма $S_{(ijl)(mnk)}$ значений элементов внутри параллелепипеда с угловыми координатами (i, j, l) и $(m-1, n-1, k-1)$ вычисляется при помощи следующей операции:

$$S_{(ijl)(mnk)} = S_{mnk} - S_{mj,k} - S_{m,n,l} - S_{i,n,k} + S_{mj,l} + S_{i,j,k} + S_{i,n,l} - S_{ij,l}. \quad (29)$$

Таким образом с учетом того, что для вычисления каждого из значений S_{mnk} требуется 3 арифметических операции, для вычисления суммы $S_{(ijl)(mnk)}$ для каждого элемента трехмерного изображения потребуется в среднем 10 арифметических операций. Объем дополнительной требуемой памяти составит $M \times N \times K$ ячеек с разрядностью достаточной для хранения значений сумм S_{mnk} .

Аналогично можно находить дисперсии по фрагменту $D_{(ijl)(mnk)}$, вычисляя значения сумм квадратов $S_{(mnk)}(x^2)$ для каждой из точек (m, n, k) и для прямоугольного параллелепипеда $S_{(ijl)(mnk)}(x^2)$, и затем пользуясь формулой

$$D_{(ijl)(mnk)} = \{S_{(ijl)(mnk)}(x^2) - (S_{(ijl)(mnk)})^2\} / N_{(ijl)(mnk)}, \quad (30)$$

где $S_{(ijl)(mnk)}(x^2)$ — сумма квадратов значений элементов, попадающих в параллелепипед, а $N_{(ijl)(mnk)} = (m-i) \times (n-j) \times (k-l)$ — число точек в параллелепипеде.

4.2. Порядковые статистики по прямоугольному параллелепипеду

Основой для вычисления порядковых статистик по фрагменту W как 2D- так и 3D-изображения служит гистограмма распределения значений яркости по этому фрагменту $h^W(x)$, а также ее интегральная характеристика $F^W(x)$:

$$F^W(x) = \sum_{i=0}^x h^W(i); \quad F^W(x_{\max}) = N^W, \quad (31)$$

где x_{\max} — максимально возможное значение яркости, а N^W — число точек во фрагменте W . Порядковые статистики вида $R^W(n)$, где $0 \leq n \leq N^W$, представляют собой зависимость:

$$R^W(n) = z, \text{ если } F^W(z-1) < n \leq F^W(z). \quad (32)$$

Алгоритм скользящего вычисления гистограммы по фрагменту строится аналогично формулам (26) и (27), т.е. при смещении фрагмента к следующей точке производится удаление точек на одной грани фрагмента и добавление точек на противоположной грани [15]. В двумерном случае алгоритм скользящего вычисления гистограммы по фрагменту при переходе от точки (m,n) к соседней точке $(m,n+1)$ требует в среднем $2H$ числа операций (H — число строк во фрагменте). В трехмерном случае при переходе от точки (m,n,k) к точке $(m,n,k+1)$ потребуется уже $2H \times L$ операций, где $H \times L$ — число точек в грани параллелепипеда, перпендикулярной направлению смещения K .

В трехмерном случае число требуемых операций растет пропорционально произведению $H \times L$. Однако, если $(H \times L) > (x_{\max} + 1)$, то вместо операций со значениями отдельных точек выгодно заранее сформировать гистограммы для граней параллелепипеда $h_{(ijk)(m,n,k+1)}^F(x)$ и осуществлять уже операции вычитания и прибавления таких гистограмм:

$$h_{(i,j,k+1)(m,n,k+J+1)}^W(x) = h_{(ijk)(m,n,k+J)}^W(x) - h_{(ijk)(m,n,k+1)}^F(x) + h_{(i,j,k+J)(m,n,k+J+1)}^F(x), \quad (33)$$

где J — размер фрагмента в направлении смещения K . Действия по формуле (33) требуют в среднем $2(x_{\max} + 1)$ арифметических операций на одну точку изображения независимо от размера параллелепипеда. Для пересчета гистограмм по граням параллелепипеда $h_{(ijk)(m,n,k+1)}^F(x)$ нужно дополнительно в среднем $2L$ операций на точку и $(x_{\max} + 1) \times K$ ячеек памяти для хранения K гистограмм.

Число операций $(x_{\max} + 1)$, требуемое для прибавления/вычитания каждой из гистограмм по граням параллелепипеда $h_{(ijk)(m,n,k+1)}^F(x)$, можно значительно уменьшить, если воспользоваться свойством пространственной корреляции обрабатываемых данных. На участках с медленным изменением яркости, которых на реальных изображениях обычно большинство, размах значений элементов сравнительно невелик — в несколько раз меньше полного диапазона в $(x_{\max} + 1)$ градаций. Добавив к каждой из гистограмм $h_{(ijk)(m,n,k+1)}^F(x)$ по 2 ячейки для запоминания минимального и максимального значений распределения, и, соответственно, обрабатывая лишь указываемый диапазон градаций, удастся дополнительно в несколько раз сократить общее число операций.

Литература

1. Toriwaki J., Yoshida H. Fundamentals of Three-Dimensional Digital Image Processing. NY.: Springer, 2009.
2. Красильников Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений. СПб.: BHV-Петербург, 2011.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений, М.: Техносфера, 2012.

4. Чочиа П.А. Двухмасштабная модель изображения // Кодирование и обработка изображений. М.: Наука, 1988, С. 69-87.
5. Чочиа П.А. Обработка и анализ изображений на основе двухмасштабной модели: Препринт ИППИ АН СССР. М.: ВИНТИ, 1986.
6. Ахмед Н., Рао К. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов. М.: Связь, 1980.
7. Chochia P.A. Image Enhancement Using Sliding Histograms // Computer Vision, Graphics, Image Processing, 1988, vol. 44, no. 2, pp. 211-229.
8. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. Т. 1, 2.
9. Робертс Л. Автоматическое восприятие трехмерных объектов. // Интегральные роботы. — М.: Мир, 1973, С. 162–208.
10. Чочиа П.А. Цифровая фильтрация импульсных помех на телевизионных изображениях // Техника средств связи: сер. Техника телевидения. – 1984. – вып.1. – С.26–36.
11. Чочиа П.А. Сглаживание изображения при сохранении контуров // Кодирование и обработка изображений. М.: Наука, 1988, С. 87-98.
12. Чочиа П.А. Некоторые алгоритмы обнаружения объектов на основе двухмасштабной модели изображения. // Информационные процессы, 2014, Т. 14, № 2, С. 117-136.
13. Lee J.-S. Digital Image Smoothing and the Sigma Filter // Computer Vision, Graphics, Image Processing, 1983, vol. 24, no. 2. pp. 255–269.
14. Tomasi C., Manduchi R. Bilateral filtering for gray and color images // Proc. IEEE 6th Int. Conf. on Computer Vision, Bombay, India, 1998, pp. 839–846
15. Чочиа П.А. Параллельный алгоритм вычисления скользящей гистограммы // Автометрия, 1990, № 2, С. 40-44.

Чочиа П.А.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), г. Москва, к.т.н., старший научный сотрудник, chochia@iitp.ru

Обработка видеоданных, получаемых компьютерным капилляроскопом

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Обработка изображений, обработка видеоданных, капилляроскопия, измерение кровотока, большие данные.

АННОТАЦИЯ

Исследуется проблема анализа видеоданных, получаемых капилляроскопом. Предлагаются алгоритмы обработки больших данных: устранения дрейфа объектов, формирования и анализа усредненного изображения. Решается задача обнаружения мажоритарного капилляра. Предложено гомеоморфное распрямляющее отображение области капилляра в область прямоугольной формы. Разработан алгоритм определения динамических характеристик кровотока.

1. Введение

Капилляроскопия — способ неизвазивного исследования микроциркуляторного кровяного русла, предназначенный для диагностики функционирования периферического отдела сердечно-сосудистой системы человека в кожных и слизистых покровах. Компьютерные капилляроскопы [1-5] осуществляют цифровую микровидеосъемку капилляров в отраженном свете; областью наблюдений в большинстве случаев является ногтевое ложе пальцев рук. Основное назначение капилляроскопа — измерение скорости капиллярного кровотока [4]. Наряду с визуальным [1] и интерактивным [5] анализом представляет интерес разработка методов автоматического анализа и измерения динамики кровотока.

На кадрах видеопоследовательности капилляры выглядят как вытянутые петли с темными участками, изображающими группы эритроцитов, разделенных более светлыми промежутками, в которых находятся прозрачные лейкоциты и плазма крови; стенки капилляров также прозрачны (Рис. 1). Движение крови приводит к смещению положения эритроцитов и изменению картины объектов.

Для вычисления скорости по видеоданным необходимо определить смещения объектов, которые можно найти корреляционным методом [6]. Подобный подход требует задания области анализа; использовать в качестве таковой капилляр с его сложной и не описываемой аналитически формой, затруднительно. Решение состоит в преобразовании области

капилляра в область простой формы, на которой затем будет выполняться корреляционный анализ.

В работе рассматриваются вопросы предварительной обработки видеоданных, пространственной синхронизации кадров и формирования усредненного изображения, которое используется для получения карты контурных линий капилляров, нахождения мажоритарного капилляра, составления морфологических характеристик контурных линий. Предлагается гомеоморфное распрямляющее отображение области капилляра в область прямоугольной формы, используемое для преобразования всех кадров и формирования новой видеопоследовательности, по которой уже проводится корреляционный анализ. Излагается алгоритм вычисления скорости и объема капиллярного кровотока как функции времени и местоположения на капилляре.



Рис. 1. Отдельный кадр исходной видеопоследовательности

2. Предварительная обработка видеоданных

Получаемый капилляроскопом видеосигнал (использовались данные, получаемые капилляроскопами [2,3]) как правило содержит ряд различных искажений и помех, поэтому требуется его предварительная обработка. Искажения можно разделить на два класса: систематические, повторяющиеся в видеопоследовательности от кадра к кадру, и случайные, индивидуальные для каждого кадра. К систематическим искажениям относятся: неравномерность освещения по полю кадра, артефакты (пыль, пятна) на матрице, малый контраст полезного сигнала, рассогласования измерений, вызванные различиями характеристик каждого из датчиков КМОП-матрицы [7]. К случайным — шумы сенсоров и дрейф объекта в поле изображения, вызываемый дрожанием пальца обследуемого. Методы устранения систематических искажений достаточно подробно были рассмотрены в [8].

3. Компенсация дрейфа и формирование усредненного изображения

Дрейф объектов на исходных видеопоследовательностях достаточно велик и иногда достигает четверти размеров кадра. Причина дрейфа — смещение и дрожание пальца обследуемого, в частности из-за пульсаций

крови. На Рис. 2,а показана трасса дрейфа объектов на кадрах видеопоследовательности, а на Рис. 2,б — графики зависимости смещения от номера кадра. Черный график соответствует смещению по вертикали, серый — по горизонтали.

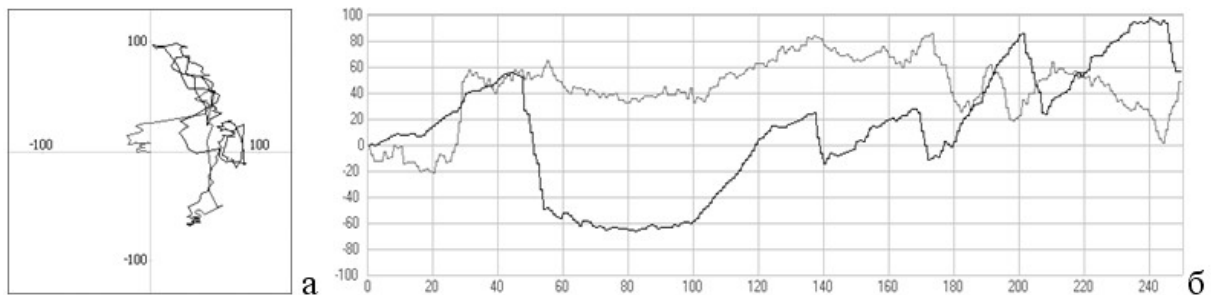


Рис. 2. Трасса дрейфа объектов на кадрах видеопоследовательности (а); графики значений смещения кадров по вертикали (черный) и по горизонтали (серый) (б)

Можно считать, что дрейф объектов на кадрах видеопоследовательности приводит только к сдвигу без поворота и изменения масштаба. Компенсация дрейфа состоит из следующих шагов, выполняемых для каждого кадра.

1. Выравнивание фона изображения алгоритмом фильтрации [9]:

$$y(m,n) = A(x(m,n) - \bar{x}(m,n)) + B\bar{x}(m,n) + C \quad (1)$$

Здесь $x(m,n)$ и $y(m,n)$ — значения исходного и обработанного элементов, а

$$\bar{x}(m,n) = \frac{1}{(2H+1)(2W+1)} \sum_{h=-H}^H \sum_{w=-W}^W x(m+h, n+w) \quad (2)$$

— арифметическое среднее по фрагменту размерами $(2H+1)(2W+1)$ с центром в (m,n) ; A , B и C — параметры преобразования. В данном случае выбирались $A = 1,3$, $B = 0$ и $C = 128$, а W и H — порядка $1/10$ размеров изображения, что означает выравнивание и небольшое повышение контраста изображения.

2. Двухэтапное сглаживание изображения перед совмещением, поскольку шум на видеокдрах достаточно высок. Осуществляется алгоритмами медианной фильтрации и арифметического среднего (2) по окрестности 3×3 пикселей.

3. Совмещение изображений и определение величины сдвига при помощи корреляционного анализа [10,11], который сводится к отысканию максимума функции ковариации базового S и сдвигаемого T изображений:

$$\text{cov}_{T,S}(v,h) = \frac{1}{W_{v,h}} \sum_{m,n} (x_S(m,n) - \bar{X}_S)(x_T(m-v, n-h) - \bar{X}_T). \quad (3)$$

Здесь $x_S(m,n)$ и $x_T(m,n)$ — элементы изображений S и T в точке (m,n) ; \bar{X}_S и \bar{X}_T — средние значения изображений S и T ; (v,h) — величина сдвига изображения T по вертикали и горизонтали; $W_{v,h}$ — число точек в пересечении изображений.

Подсчет ковариационной функции по всему множеству параметров (v,h) требует порядка $Z = M \times N \times V \times H$ операций, где $M \times N$ — размеры

изображения, а $V \times H$ — размеры области анализа, в которой ищется максимум функционала (3). Смещения могут быть весьма заметными, поэтому Z оказывается большим. Сокращения Z можно добиться использованием иерархического подхода с предварительным одномерным совмещением проекций изображений по вертикали и горизонтали, и окончательным двумерным корреляционным совмещением в малой окрестности найденной точки [12].

4. Сдвиг кадра исходной видеопоследовательности в соответствии с параметрами смещения, найденными на шаге 2. При сдвиге часть изображения выходит за края кадра и пропадает, а противоположная часть кадра оказывается неопределенной; такие части заполняются значениями, взятыми из усредненного изображения, формирующегося по предыдущим кадрам в п. 6.

5. Формирование базового изображения из фильтрованных в п. 1 кадров путем сдвига, суммирования и деления на текущее число кадров. Получаемое изображение используется в качестве базового изображения S в (3) при совмещении с очередным кадром. Начальным базовым изображением выбирается первый кадр видеопоследовательности.

6. Аналогично формируется финальное усредненное изображение — суммированием значений соответствующих элементов всех получаемых в п. 4 сдвинутых кадров и делением на общее число кадров.

Компенсация дрейфа позволяет получить видеопоследовательность, где полностью устранено видимое дрожание объектов. К обработанным таким образом видеоданным могут быть применены методы как внутрикадровой, так и межкадровой фильтрации, позволяющие снизить уровень помех.

Усредненное по кадрам изображение показано на Рис. 3. Как видно, на нем капилляры приобрели вид непрерывных полос, уменьшен шум, а также стали видны незаметные на исходных кадрах детали. Их заметность можно дополнительно повысить, применив один из алгоритмов усиления локальных контрастов [9], в частности следующий адаптивный, близкий формуле (1):

$$y(m,n) = f(Q(1-l) - Q(l))(x(m,n) - M(m,n)) + B \cdot M(m,n) + C.$$

Здесь $Q(l)$ и $Q(1-l)$ — левый и правый квантили распределения значений элементов по фрагменту $W_x(m,n)$ с центром в точке (m,n) , а $M(m,n)$ — медиана по фрагменту, т.е. $M(m,n) = Q(0,5)$. Результат усиления показан на Рис. 3,б. Здесь $l \approx 0,3$; $B = 0,5$; $C = 0,4$ и $f(v) = 1 + A/(1 + v/V)^2$, где $A = 4$ и $V = v_{\max}/10$.

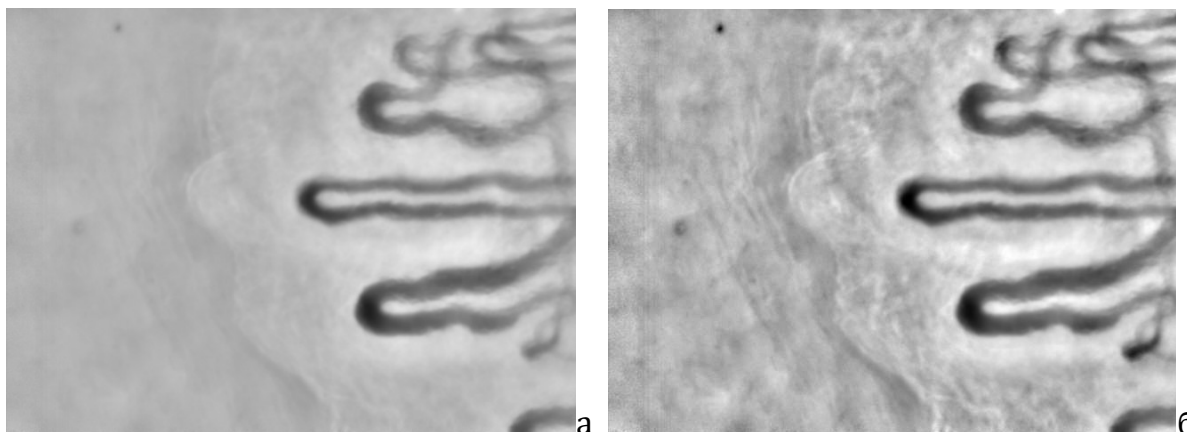


Рис. 3. Усредненное изображение (а); адаптивное повышение локальных контрастов (б)

4. Карта контурных линий капилляров

По многим причинам области капилляров на усредненном изображении имеют непостоянную яркость и нечеткие границы, поэтому прямое обнаружение областей и границ капилляров на таком изображении при помощи пороговых или контурных методов не обеспечивает корректного результата [13]. В связи с этим нахождение границ капилляров строится как процедура отыскания множества контурных линий без ветвлений, расположенных вблизи опорного набора областей, обнаруживаемого пороговым методом. Формируемый набор называется картой контурных линий капилляров. Ее получение включает этапы выделения опорного набора областей, формирования множества контурных точек, формирования первичной карты контурных линий, синтаксической фильтрации карты с корректировкой дефектов линий, упрощение карты линий и карты областей. Результат показан на Рис. 4,а. Полная процедура получения карты контурных линий описана в [14].

5. Выбор мажоритарного капилляра

Под мажоритарным понимается капилляр, являющийся наиболее выраженным на изображении и подходящим для последующего анализа параметров кровотока. При его выборе принимались во внимание критерии:

- опорная область должна быть одной из наибольших по размеру;
- опорная область должна иметь вытянутую форму;
- сумма длин контурных линий должна быть близка периметру области;
- оптимальное количество контурных линии, соседних капилляру, — две;
- приоритет расположения капилляра — ближе к центру изображения.

Для учета критериев был подобран «показатель мажоритарности» в виде функционала, вычисляемого для каждой из опорных областей r , $r = 1, \dots, R$:

$$F(r) = S(r)E(r)N(r)D(r)L(r). \quad (4)$$

Параметры S , E , N , D и L определяются следующим образом:

$S(r)$ — площадь опорной области (число содержащихся в ней пикселей).

$E(r)$ — вытянутость: $E(r) = \ln(1 + P(r)/\sqrt{S(r)})$, где $P(r)$ — периметр области r .

$N(r)$ — параметр числа соседних с областью линий n : $N(r) = 1/(\ln(i + 2) + 1)$, где $i = n$, если $n \geq 2$, иначе $i = 4 - n$; максимум находится в точке $n = 2$.

$D(r)$ — параметр соотношения периметра области $P(r)$ и суммы длин соседних контуров C_{len} : если $P(r) < C_{len}$, то $D(r) = P(r)/C_{len}$; иначе $D(r) = C_{len}/P(r)$.

$L(r)$ — показатель расположения: равен 1, если центр области r расположен от края далее, чем $1/3$ размера изображения, и спадает до 0 к краю изображения.

Мажоритарной считается область, на которой достигается максимум функционала $F(r)$. Остальные области, а также контурные линии, не соседние с мажоритарной областью, удаляются. На Рис. 4,б оставлена контурная линия, соответствующая мажоритарному капилляру, а все остальные удалены.

Формируемые линии границ не всегда корректны. Как видно на Рис. 6,б, мажоритарным выбран капилляр, окруженный всего одной контурной линией. Для устранения подобных дефектов применяется морфологический анализ.

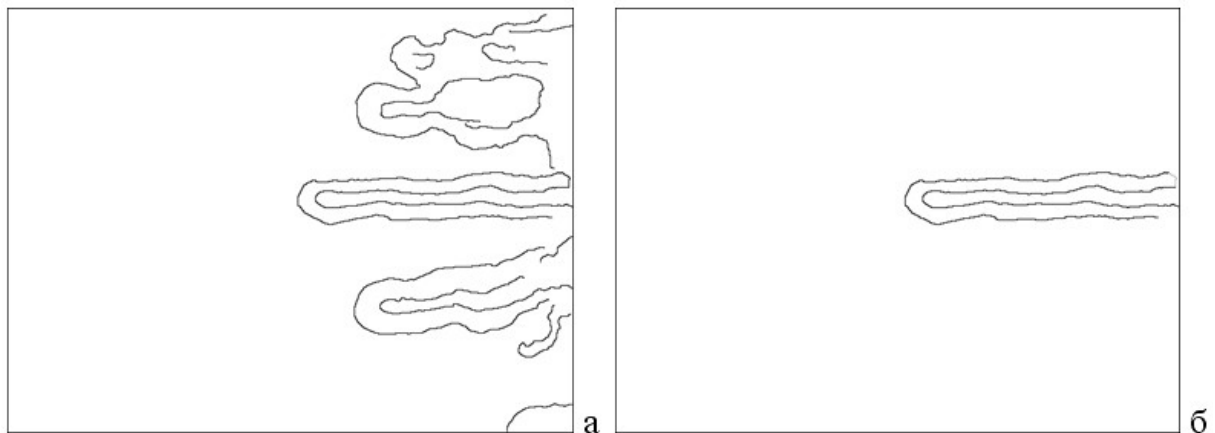


Рис. 4. Результирующая карта линий (а); контурная линия мажоритарного капилляра (б)

6. Морфологический анализ

6.1 Векторное представление контурных линий

Для анализа формы линий необходим переход от матричного описания к векторному — в виде последовательностей точек или векторов. В векторном виде линия L представляется упорядоченным набором точек $p(z) \in L$, ($z = 1, \dots, Z$), где Z — общее число точек (длина) линии L . Каждая точка $p(z)$ соответствует точке изображения с координатами $(m(z), n(z))$, т.е. между ними можно ставить тождество. В соответствии со способом

формирования линий, соседние точки линии $p(z)$ и $p(z+1)$ находятся в 4-смежном пиксельном соседстве.

Выберем подмножество $q(z) \square L'$ множества точек линии L из элементов, взятых с шагом d : $q(z) = p(z \cdot d)$, ($z = 1, \dots, Z'$), где $Z' = Z/d$. Проведем векторы $V(i)$, ($i = 1, \dots, Z'-1$) между парами точек $q(i)$ и $q(i+1)$: $V(i) = \overline{q(i)q(i+1)}$. Обозначим через $\gamma(i)$, ($i = 1, \dots, Z'-2$) угол между векторами $V(i)$ и $V(i+1)$, а через $\beta(i)$ — величину накопленного угла: $\beta(i) = \sum_{j=1}^i \gamma(j)$. Приводя среднее значение $\beta(i)$ к нулю, получим последовательность $\alpha(i) = \beta(i) - \sum_{z=1}^{Z'-2} \beta(z) / (Z' - 2)$ ($i = 1, \dots, Z'-2$) ($i = 1, \dots, Z'-2$) которую назовем *морфологической характеристикой линии*.

6.2 Анализ морфологической характеристики контурной линии

Морфологическая характеристика линии $\alpha(i)$ является источником для анализа формы контурной линии. Рассмотрим морфологическую характеристику ранее полученной контурной линии мажоритарного капилляра на Рис. 4,б. График данной функции показан на Рис. 5; по горизонтали отложен номер i точки подмножества L' , а по вертикали — значение $\alpha(i)$.

График содержит четыре почти горизонтальных участка, разделенных тремя ступеньками, причем средние значения на соседних горизонтальных участках различаются приблизительно на 180° . Интерпретировать эту особенность несложно. Горизонтальные участки соответствуют длинным прямым участкам контурной линии, ограничивающим артериальный и венозный отделы капилляра, которые между собой почти параллельны, а ступеньки между ними — участкам поворота линии (переходный отдел капилляра). Знак градиента на ступеньке говорит о направлении изгиба линии на данном участке.

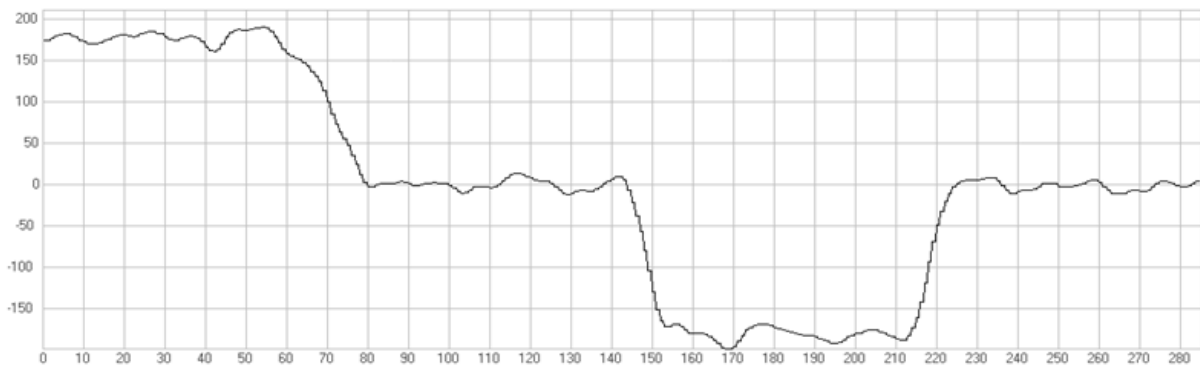


Рис. 5. Морфологическая характеристика контурной линии на Рис. 6,б

Очевидно, что морфологическая характеристика корректной контурной линии должна содержать два горизонтальных участка, соответствующих артериальному и венозному отделам капилляра, и один переходный участок, соответствующий переходному отделу. На основе этого можно сделать заключение, что кривая на Рис. 5 составлена из характеристик двух контурных линий, которые соединены участком

поворота линии при значениях $i \approx 145$. Если удалить из контурной линии соответствующий участок, получим две корректные контурные линии, окружающие капилляр. Можно сформулировать следующий алгоритм корректировки морфологической характеристики контурной линии.

1. В последовательности $\alpha(i)$ отыскиваются переходные области TR как участки высокой крутизны, на которых $\alpha(i)$ меняется почти на 180° : $TR(i)$, ($i = 1, \dots, K$), где K — общее число переходных областей.

2. Проверяется значение K . Если $K = 1$, то рассматриваемая линия корректна и соответствует внешнему или внутреннему контуру капилляра.

3. Случай $K = 2$ означает, что линия имеет дополнительный поворот. Он может возникнуть, если при первичном формировании контуров происходит захват края видимой области капилляра; обычно он оказывается на одном из концов линии. В такой ситуации переходная область $TR(i)$, располагающаяся ближе к одному из концов линии, и соответствующий участок линии удаляются.

4. Случай $K = 3$ означает объединение двух контурных линий (Рис. 4,б). Он возникает, если на одном из краев области капилляра детектируется ложный контурный участок, приводящий к соединению внутренней и внешней контурных линий капилляра. Участок, соответствующий средней переходной области $TR(2)$, удаляется (отмечен серым цветом на контуре мажоритарного капилляра на Рис. 4,б). Картина линий приводится в корректное состояние, но требуется возврат к п. 6.1 и пересчет морфологических характеристик.

5. Если $K = 0$, то анализируемая контурная линия не соответствует принятой модели, т.е. контур капилляра не был правильно обнаружен. В такой ситуации требуется повторное формирование исходной видеопоследовательности.

6.3 Корректировка контурных линий

Как отмечалось выше, корректная контурная линия, состоит из двух почти параллельных участков и участка поворота между ними — переходной области. Можно сказать, что с точностью до поворота контурная линия повторяет форму буквы U (т.е. имеет U-форму). Карта контурных линий мажоритарного капилляра должна включать две контурные линии — внутреннюю и внешнюю. Будем считать каноническим такое расположение, при котором первой является внутренняя, а второй — внешняя линия, причем последовательность точек векторного представления каждой из контурных линий упорядочена таким образом, что начало ее находится в вершине левой ветви U-формы.

Для приведения линий в каноническое расположение используем уже полученные на предыдущих этапах результаты и вычисленные морфологические характеристики. Согласно п. 6.2, корректная контурная линия имеет лишь одну переходную область. Обозначив через TR_{beg} и TR_{end} координаты начала и конца переходной области линии, введем параметр крутизны перехода:

$$G = (\alpha(TR_{end}) - \alpha(TR_{beg})) / (TR_{end} - TR_{beg}). \quad (7)$$

Отметим, что $|G|$ обратно пропорционален радиусу закругления переходной области. Если $G > 0$, то контурная линия ориентирована корректно; если $G < 0$, то линия является обратно ориентированной и последовательность точек должна быть зеркально перевернута, а значения $\alpha(i)$, TR_{beg} и TR_{end} пересчитаны.

Внешняя контурная линия капилляра является огибающей по отношению к внутренней, значит у внешней линии радиус закругления переходной области должен быть больше, чем у внутренней линии. Сравним абсолютные значения G_1 и G_2 двух контурных линий. Если $|G_1| > |G_2|$, то первая линия — внутренняя и расположение является каноническим. Если же $|G_1| < |G_2|$, то нужно переставить местами линии вместе со своими морфологическими характеристиками.

7. Распрямляющее отображение

Как уже говорилось, для определения скорости по видеоданным обычно применяется корреляционный подход [6]. Скорость объекта определяется как $v = \Delta s / \Delta t$, где Δs — величина межкадрового смещения объекта, а Δt — период кадра. Для корреляционного анализа нужна единая аналитически задаваемая область анализа, однако выбрать такую для фигуры сложной конфигурации, каковой является капилляр, затруднительно. Решение состоит в нахождении способа геометрического преобразования области капилляра в область простой формы, на которой затем и будет выполняться корреляционный анализ.

Задача ставится как нахождение гомеоморфного отображения связной области, ограниченной двумя параметрически задаваемыми линиями, концы которых соединены прямыми, в область прямоугольной формы. Предполагается, что граничные линии удовлетворяют некоторым условиям, в частности таким как отсутствие пересечений и самопересечений (*условие-1*). Еще одно условие, формулируемое ниже, возникает при построении преобразования.

Будем считать, что исходная область ограничена парой непрерывных параметрически заданных кривых **A** и **B**: $a(l)$, $(0 \leq l \leq L_A)$ и $b(l)$, $(0 \leq l \leq L_B)$, а также отрезками $[a(0), b(0)]$ и $[a(L_A), b(L_B)]$ (Рис. 6,а). Задача — преобразовать данную область в прямоугольник размерами $(M + 1) \times (N + 1)$ (Рис. 6,б).

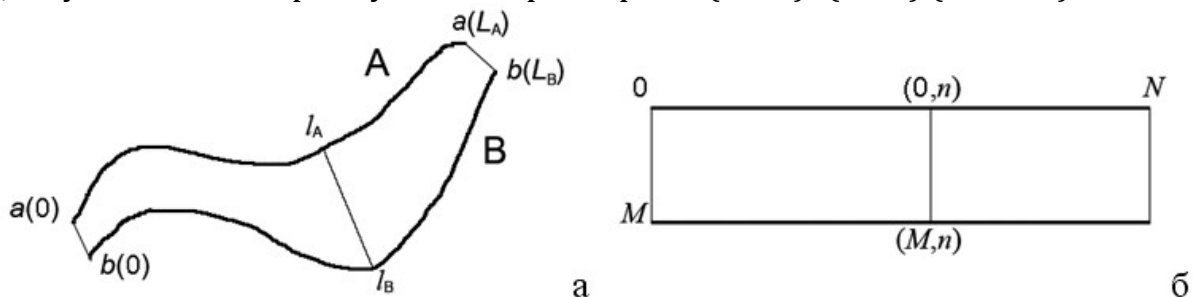


Рис. 6. Иллюстрация распрямляющего преобразования

Преобразование осуществим следующим образом. Отобразим кривые

A и **B** линейно в верхнюю и нижнюю строки результирующего прямоугольника. Выберем столбец n массива результата: $[(0,n), \dots, (M,n)]$. В начальную его точку $(0,n)$ отобразим точку первой кривой $a(l_A)$, $l_A = (n/N)L_A$ с координатами (x_A, y_A) на исходном изображении, а в конечную (M,n) — точку $b(l_B)$, $l_B = (n/N)L_B$ второй кривой с координатами (x_B, y_B) . Промежуточная точка столбца результирующего массива с координатами (m,n) будет отображением точки исходной области с координатами (x,y) , где $x = (\tilde{M} - m)x_A + m \cdot x_B$, а $y = (\tilde{M} - m)y_A + m \cdot y_B$. Таким образом отрезок $[l_A, l_B]$ исходной области пропорционально отображается в столбец $[(0,n), \dots, (M,n)]$ результата. Теперь очевидна необходимость условия-2: никакой из отрезков $[l_A, l_B]$ не должен иметь дополнительных пересечений с кривыми **A** и **B**. Данное условие зависит как от формы каждой из кривых, так и от их расположения. Такое отображение будем называть *распрямляющим*.

Отрезки $[l_A(n), l_B(n)]$ являются сечениями капилляра. Следствием условия 2 является то, что сечения не пересекаются между собой. Капилляр можно рассматривать как трубу с жидкостью, а значит объем, протекающий за единицу времени через ее сечение, не зависит от наклона сечения.

8. Определение границ отделов капилляра

Длины отделов внутренней и внешней контурных линий могут заметно отличаться, причем длины переходных отделов могут различаться в два и более раз. Это может привести к неудачному расположению сечений и нарушению условия-2. Уменьшить такую вероятность можно выполняя распрямляющее преобразования по отдельности для каждого из трех отделов капилляра, и затем соединяя результирующие прямоугольные массивы в один. Для разграничения указанных отделов используется *срединная линия капилляра*, которая находится как множество точек, равноудаленных от каждой из двух контурных линий. Формально срединная линия может выходить за пределы реальной области капилляра; чтобы избежать этого, производится соответствующий анализ и дополнительное небольшое укорочение концов срединной линии (Рис. 7,а).

Срединная линия $s(l)$, $(0 \leq l \leq L_C)$ служит основой для определения границ отделов капилляра. Так же, как и при анализе контурной линии в п. 6.2, находятся точки начала и конца переходного отдела срединной линии. Тем самым имеются четыре ее характерные точки: точки начала и конца линии c_0 и c_{end} , а также точки начала и конца переходного отдела c_{Tbeg} и c_{Tend} . Найдем на контурных линиях **A** и **B** точки, ближайšie к характерным точкам срединной линии: a_0 , a_{Tbeg} , a_{Tend} , a_{end} и b_0 , b_{Tbeg} , b_{Tend} , b_{end} . Отрезки $[a_{Tbeg}, b_{Tbeg}]$ и $[a_{Tend}, b_{Tend}]$ будем считать границами начала и конца переходного отдела капилляра, а отрезки $[a_0, b_0]$ и $[a_{end}, b_{end}]$ — соответственно началом и концом капилляра.

Зная границы всех трех отделов капилляра, распрямляющее отображение выполняется для каждого из них по отдельности. Получаемые результаты объединяются и формируется полное распрямляющее отображение для всей области капилляра. Срединная линия и границы

отделов капилляра показаны на Рис. 7,а, а общая картина образуемых сечений, которые на результирующем прямоугольном массиве будут отображаться столбцами с равным шагом, — на Рис. 7,б. Артериальный и венозный отделы капилляра еще не различаются.

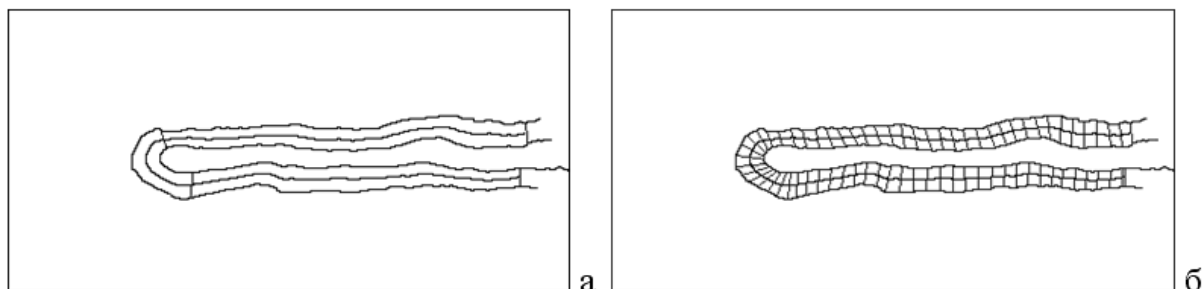


Рис. 7. Срединная линия и границы трех отделов капилляра (а); сечения, иллюстрирующие распрямляющее преобразование (б)

9. Преобразование кадров видеопоследовательности

Размеры M и N результирующего массива можно выбрать любыми, но естественно взять их равными размерам капилляра. Поэтому M выбиралось как среднее значение диаметра капилляра, а N — как длина срединной линии. Затем строится матрица отображения размерами $(M+1) \times (N+1)$, в элементы которой заносятся координаты соответствующих точек на исходном изображении. По каждому из исходных кадров согласно построенной матрице формируется кадр новой видеопоследовательности; размер кадра будет равен размеру матрицы отображения. В результате формируется новая видеопоследовательность, содержащая только информативную часть исходных видеоданных и имеющая равное с ней число кадров. Исходные данные приводятся к виду, удобному для анализа динамики кровотока. На Рис. 8,а показан кадр с изображением распрямленного капилляра, полученный из исходного кадра на Рис. 1.

Темные участки на изображении суть группы эритроцитов; они разделены более светлыми (прозрачными), где находятся лейкоциты и плазма крови. На таких изображениях определить скорость протекания крови возможно только по фронтам видимых групп эритроцитов [15]. Однако контраст деталей во многих случаях недостаточный для надежного сопоставления фрагментов, поэтому требуется дополнительная обработка кадров. Она сводится к выравниванию яркости, пороговому разделению сигнала и сглаживанию изображения.

Выравнивание и пороговое разделение объединяются в одну операцию:

$$y(m, n) = \begin{cases} 0, & \text{если } x(m, n) \leq \bar{x}(m, n), \\ 255, & \text{если } x(m, n) > \bar{x}(m, n). \end{cases} \quad (7)$$

Здесь $\bar{x}(m, n)$ — среднее по фрагменту (2); размеры фрагмента определяются размерами капилляра как $H = M/8$, $W = 2M$. Результатом операции (7) является бинаризованное изображение. Для ослабления погрешности из-за высокой межкадровой изменчивости форм групп

эритроцитов осуществлялось двумерное гауссово сглаживание изображения $y(m,n)$ с параметрами $\sigma \approx 2$ по вертикали и $\sigma \approx 5$ по горизонтали. Результат показан на Рис. 8,б.

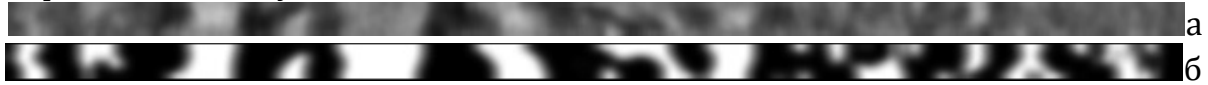


Рис. 8. Вид капилляра из кадра на Рис. 1 после распрямляющего преобразования (а); тот же кадр после обработки (б)

10. Определение параметров кровотока

Главную цель работы составляет нахождение скорости кровотока. Для измерения скорости вдоль капилляра воспользуемся функцией ковариации:

$$R_k(y,t) = \frac{1}{(M+1)(2Z+1)} \sum_{m=0}^M \sum_{v=-Z}^Z b_k(m, y+z) b_{k-1}(m, y+z+t), \quad (8)$$

где $b_k(m,n)$ и $b_{k-1}(m,n)$ — значения элементов текущего и предыдущего кадров в точке (m,n) , $(M+1) \times (2Z+1)$ — размер окрестности анализа, $R_k(y,t)$ — значение функции ковариации в точке y для смещения t . Анализируемый диапазон значений t также был выбран равным размеру окна: $-Z \leq t \leq Z$. Величина межкадрового смещения для точки y определяется как такое значение t_y , при котором достигается максимум функции ковариации:

$$d_k(y) = t_y \mid R_k(y, t_y) = \max_{-Z \leq t \leq Z} (R_k(y, t)). \quad (9)$$

Межкадровое смещение $d_k(y)$ находится для каждой точки y вдоль капилляра и для каждого кадра k . Тем самым формируется двумерный массив размерами $K \times N$, где K — число кадров, а N — длина капилляра. Делением $d_k(y)$ на время между кадрами получаем значение мгновенной скорости $V(k,n)$ как функции номера кадра и положения вдоль капилляра. Из-за высокой изменчивости форм групп эритроцитов от кадра к кадру, о которой уже говорилось, значения смещений оказываются сильно зашумлены. Поскольку значения скорости не могут иметь скачков и изменяются достаточно плавно как по времени, так и вдоль капилляра, для подавления шума возможно применить фильтрацию низких частот при помощи операции двумерного сглаживания (2).

Полученный двумерный массив мгновенных скоростей может быть использован для анализа динамики кровотока. Так, среднее значение по строкам (усреднение вдоль капилляра) дает зависимость средней скорости в капилляре от времени. На Рис. 9 она представлена как зависимость межкадрового смещения в элементах изображения от номера кадра. Легко видеть, что в районе 50-го кадра движение крови практически приостанавливается. Знак значения скорости указывает на направление кровотока. Средние отрицательные значения, как в данном случае, позволяют идентифицировать левую ветвь U-формы капилляра (верхний горизонтальный участок на Рис. 7) как его венозный, а правую (нижний горизонтальный участок) — как артериальный отделы.

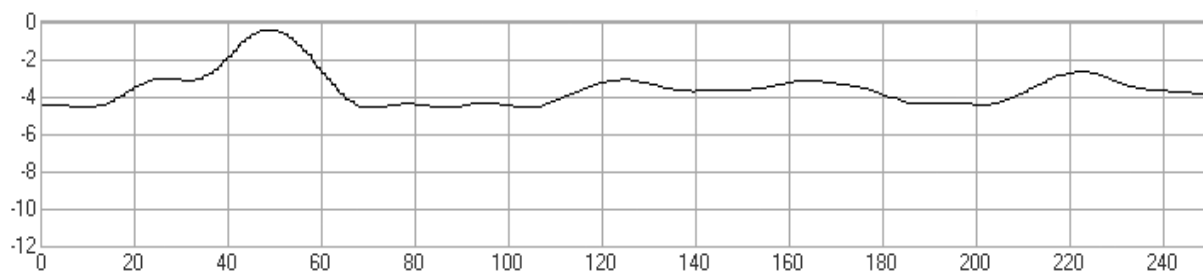


Рис. 9. Зависимость средней скорости в капилляре от времени (от номера кадра)

Усреднение карты мгновенных скоростей по столбцам (т.е. по кадрам) дает среднюю скорость в разных точках капилляра. Зная масштаб съемки, на основе имеющихся контурных линий обнаруженного капилляра легко вычислить размеры и площадь сечения капилляра. Умножением значения площади сечения на скорость потока находится мгновенный объем кровотока в соответствующей точке капилляра.

Литература

1. Капилляроскоп общеклинического применения «Капилляроскан-1». <http://www.aetechnologies.ru/production/2-details.htm>.
2. Разработка серии капилляроскопов. <http://www.aetechnologies.ru/dev/6-details.htm>.
3. Капилляроскоп "C12". http://casmos.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=69.
4. Баранов В.В., Гурфинкель Ю.И., Кленин С.М., Кузнецов М.И. Капилляроскоп. Способ и устройство для неинвазивных исследований капилляров, капиллярного кровотока, крови у пациентов болеющих сахарным диабетом, ишемической болезнью сердца. <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=7201>.
5. Аракчеев А.Г., Гурфинкель Ю.И., Певгов В.Г. Компьютерный капилляроскоп для неинвазивных исследований параметров циркулирующей крови. Московский хирургический журнал, 2010, № 5, с. 27-30.
6. Limb J.O., Murphy H.A. Measuring the Speed of Moving Objects from Television Signals. IEEE Trans. Comm. COM-23, 1975, no. 4, pp. 474-478.
7. LUPA-300 CMOS Image Sensor. http://www.fastvideo.ru/info/sensor/cypress/lupa_300.pdf.
8. Чочиа П.А. Предварительная обработка видеопоследовательностей, формируемых капилляроскопом. Информационные процессы. 2011, т. 11, № 1, С. 76-85.
9. Чочиа П.А. Методы преобразования изображений, использующие двухмасштабную модель. В кн.: Кодирование и обработка изображений. М.: Наука, 1988. с. 98-112.
10. Gruen A.W. Adaptive least squares correlation: a powerful image matching technique. S. Afr. J. Photogrammetry, Remote Sensing and Cartography, 1985, vol. 14, no.3, pp. 175-187.
11. Ackermann F. Digital image correlation: Performance and potential application in photogrammetry. Photogrammetric Record, 1984, vol. 64, no. 11, pp. 429-439.
12. Чочиа П.А. Быстрое корреляционное совмещение квазирегулярных изображений. Информационные процессы, 2009, том 9, № 3, с. 117-120.
13. Лучко Д.В., Иванушкина Н.Г. Количественный анализ в коронарной ангиографии: алгоритм автоматизированного определения диаметра сосудов. Электроника и связь, 2009, № 2-3, Киев, с. 161-165.
14. Чочиа П.А. Обнаружение капилляров на изображениях, формируемых капилляроскопом. // Информационные процессы, 2013, т. 13, № 2, С. 63-75.
15. Lo L.-Ch., Chiang J.Y., Cai Yu-S. Three-dimensional Vision-based Nail-fold Morphological and Hemodynamic Analysis. 11th IEEE Int. Conf. on Bioinformatics and Bioengineering BIBE-2011, Taichung, Taiwan, pp. 44-51.

Истомина С.Н.

МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, Москва, Оршанская ул., д.3, к.т.н., доцент кафедры Прикладная математика, информационные технологии и электротехника (495)-141-95-57, pm@mati.ru

Исследование математической модели одного типа регуляции экспрессии генов на основе оптимального планирования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Математическая модель, экспрессия, регуляция, гены, оптимальное планирование, ортогональность, симплекс, корреляционный анализ, регрессионный анализ.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена исследованию зависимости результатов счета на математической модели регуляции экспрессии генов от значений множества изменяемых параметров модели. Для повышения надежности и достоверности выводов использовано ортогональное и симплексное планирование эксперимента. Использован корреляционный анализ и уравнения регрессии, адекватно описывающие стационарную факторную область уравнениями регрессии со взаимодействиями факторов.

В настоящее время строго математически сформулированные модели в геномике используются и имеют значение. Методы планирования эксперимента были нами применены для изучения области параметров одной из таких моделей – процесса аттенуаторной регуляции экспрессии генов у бактерий, [1]. Массовый счет на основе такой модели позволяет сравнивать компьютерные результаты с известными экспериментальными и биоинформатическими данными и, тем самым, с одной стороны, оценить модель, а, с другой стороны, получить новые предсказания аттенуаторных регуляций в отдельных бактериях. Модель также служит средством для оценки эффективности предсказанной регуляции, см. файл на сайте <http://lab.iitp.ru/docs/rnamodel>.

Проблема состоит в том, что большинство параметров модели экспериментально оцениваются с низкой точностью, т.е. известны интервально; поэтому представляет интерес использовать регрессионный анализ, чтобы исследовать область значений параметров, а также определить, какие из них наиболее существенно влияют на изучаемую регуляцию, найти взаимосвязь параметров модели между собой (взаимодействие двух и более параметров), определить характер влияния одновременного изменения нескольких параметров модели на качество

регуляции. Для этого необходимо обеспечить надежность уравнений регрессии и их коэффициентов, что может быть сделано при использовании планирования условий счета на модели с использованием критериев оптимальности.

Математическая модель при описании этой регуляции использует более 30 параметров. На основе экспертной оценки из них для исследования были выделены 10 параметров, вклад которых в процесс регуляции наиболее значителен. Далее эти параметры называются факторами и перечисляются вместе с обозначениями:

- поправка для энергии связи микросостояния (x_1);
- характеристика упорядоченности спиралей при выводе из списка (x_2);
- константа скорости перехода полимеразы на следующий нуклеотид (x_3);
- константа скорости перехода рибосомы на следующий кодон (x_4);
- константа скорости срыва полимеразы (x_5);
- константа замыкания (x_6);
- доля урацилов в полимеразе (x_7);
- длина полимеразы от места выхода цепи РНК до точки транскрипции (x_8);
- длина рибосомы от ее Р-участка (центра) до ее 3'-края (x_9);
- характеристика 5'-края полимеразы при начале моделирования (x_{10}).

В результате модельного счета на выходе получается набор вероятностей для значения концентрации c аминоксил-тРНК синтетазы, которая меняется с шагом 0,05 в интервале от 0 до 1, то есть качество регуляции характеризует кривая изменения вероятностей при увеличении концентрации $p(c)$. Чтобы решать поставленные задачи для оценки качества регуляции нужен числовой параметр U с определенными свойствами. В качестве такого параметра регуляции U приняли число равное приращению вероятности $p(c)$ на участке монотонного возрастания с учетом некоторых условий. Значение параметра равно нулю означает отсутствие регуляции, а чем больше значение, тем качество регуляции лучше.

Воспроизводимость результатов счета, оцениваемых по такому параметру, оказалась приемлемой для их статистического анализа.

Латкин И.В.¹, Селиверстов А.В.²

¹ Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Высшая математика», lativan@yandex.kz

² Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, г. Москва, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории 6, slvstv@iitp.ru

О сложности фрагментов теории поля комплексных чисел

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Вычислительная сложность, теория первого порядка, комплексные числа, переменная кванторов, иерархия классов.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается вычислительная сложность фрагментов теории первого порядка поля комплексных чисел с ограничением на число переменных кванторов в формулах, находящихся в предварённой форме.

Напомним, что каждая полная рекурсивно аксиоматизируемая теория первого порядка разрешима. Примерами таких теорий служат теория алгебраически замкнутого поля фиксированной характеристики, теория вещественно замкнутых полей, теория плотных линейных порядков без конечных элементов, арифметика Пресбургера и чистая теория равенства. Последняя из перечисленных теорий разрешима на полиномиально ограниченной памяти и полна в этом классе [1]. Но для большинства разрешимых теорий сложность разрешающего алгоритма очень велика. Например, известен алгоритм дважды экспоненциального времени для теории поля комплексных чисел. С другой стороны, любой разрешающий алгоритм теории алгебраически замкнутого поля фиксированной характеристики требует использовать (по меньшей мере) экспоненциальную память [2]. Нижние границы сложности арифметики Пресбургера и её фрагментов обсуждаются в работе [3]. Высокая сложность и у многих неполных теорий [4].

Мы рассмотрим разрешающие алгоритмы для фрагментов теории поля комплексных чисел, состоящих из формул, у которых в предварённой форме число переменных кванторов ограничено некоторой фиксированной величиной. Актуальность исследования таких алгоритмов объясняется их тесной связью со многими прикладными вопросами, в частности, с исследованием систем алгебраических уравнений.

Использование базисов Грёбнера является весьма общим методом решения многих задач, связанных с системами алгебраических уравнений над алгебраически замкнутым полем [5]. История их возникновения и, в

частности, вклад в развитие теории выдающегося российского математика А.И. Ширшова описан в [6]. Алгоритмы вычисления базисов Грёбнера входят во многие пакеты для символьных вычислений, включая Maple и Singular. Однако применение этих методов часто оказывается малоэффективным из-за появления в ходе вычислений многочленов очень высокой степени [7–9]. Время работы соответствующих алгоритмов дважды экспоненциальное или ещё выше.

Существуют другие методы, не связанные с нахождением базисов Грёбнера и позволяющие определить совместность системы алгебраических уравнений с рациональными коэффициентами за экспоненциальное время. Впервые эта возможность была показана в работе [10], в дальнейшем метод был немного усовершенствован [11]. Наряду с этим развивались вероятностные алгоритмы [12–14]. Однако все известные вероятностные методы решения систем уравнений также требуют экспоненциального времени в общем случае. Хотя недавно для решения этой задачи описан эффективный вероятностный алгоритм, имеющий низкую сложность при некоторых дополнительных ограничениях на число мономов в уравнениях [14].

В работе [15] найден разрешающий алгоритм для формул в предварённой форме с ограниченным числом переменных кванторов, время работы которого экспоненциально зависит от длины формулы, но дважды экспоненциально – от числа переменных кванторов.

Напомним вкратце строение так называемой полиномиальной иерархии языков PH [1]. Она и другие ей подобные иерархии были введены для более точной классификации проблем по сложности их решения, так как каждую разумно поставленную проблему, ответ на которую может быть только «да» или «нет», можно сформулировать в терминах принадлежности к соответствующему языку.

Нижним (нулевым) уровнем этой иерархии объявляется класс языков распознаваемых детерминированными машинами Тьюринга за полиномиальное время. Таким образом, языки этого класса считаются наиболее легко распознаваемыми. Насколько оправдана подобная точка зрения, мы обсудим позднее. Следующий, первый, уровень иерархии состоит из двух классов языков. Языки одного класса, обозначаемого как P-Сигма-1, распознаются недетерминированными машинами Тьюринга за полиномиальное время, а другой класс – P-Пи-1 содержит все дополнения до языков первого, т.е. это просто классы NP и coNP, соответственно. Если уже определены классы уровня k , то уровень $k+1$ состоит из двух подуровней. На «нижнем» располагается класс P-Дельта- $(k+1)$, языки которого распознаются детерминированными машинами Тьюринга за полиномиальное время, с использованием языка L из класса P-Сигма- k в качестве оракула, т.е. «подсказчика», который может сказать мгновенно, принадлежит ли данное слово языку L . «Верхний» подуровень состоит из двух классов языков. В первом из них – P-Сигма- $(k+1)$ собраны все языки,

распознаваемые недетерминированными машинами Тьюринга за полиномиальное время, тоже с использованием языка L из класса P -Сигма- k в качестве оракула. Во втором, P -Пи- $(k+1)$ – все дополнения до языков первого класса. Верно ли подуровни названы «верхним» и «нижним», до сих пор неизвестно, вполне вероятно, что при достаточно больших k (два или более) все классы иерархии PH совпадают.

Объединение всех классов языков, входящих в какие-то уровни, описанные выше, называют PH иерархией.

По аналогии с полиномиальной иерархией PH [16] определяется экспоненциальная иерархия EH классов сложности, нулевой уровень которой состоит из языков, разрешимых за экспоненциальное время $\text{poly}(\exp(n))$, где число n означает длину входа. Хотя это не доказано, широко распространено мнение о том, что иерархия EH невырожденная. Также рассматривается иерархия $EXP-N$, нулевой уровень которой состоит из языков, разрешимых за время $\exp(\text{poly}(n))$. Аналогично определяется иерархия $DoubleEXP-N$ для дважды экспоненциального времени.

Отметим, что вырождение полиномиальной иерархии PH влечёт вырождение других аналогичных иерархий. Доказательство основано на методе, называемом набивкой или накачкой. Однако обратная импликация не доказана.

Покажем, что равенство классов $P\text{-space}=EXP$ влечёт равенство классов $EXP\text{-space}=DoubleExp$. Здесь множество из $EXP\text{-space}$ допускается с использованием памяти $\exp(\text{poly}(n))$, где число n означает длину входа. Множество из $DoubleExp$ допускается за время $\exp(\exp(\text{poly}(n)))$. Очевидно, любое множество класса $EXP\text{-space}$ распознаваемо за дважды экспоненциальное время. Пусть $P\text{-space}=EXP$. Рассмотрим множество X слов в алфавите 0 и 1, распознаваемое за дважды экспоненциальное время $t(x)$ алгоритмом A . Обозначим Y множество слов с префиксом из $\log t(x)$ нулей, единицы и слова x . В слове из Y суффикс x однозначно восстанавливается по слову из Y : это символы правее самой левой единицы. Очевидная модификация алгоритма A допускает множество Y за экспоненциальное от длины входа время. По предположению множество Y принадлежит $P\text{-space}$. Следовательно, Y допускается алгоритмом, требующим памяти, экспоненциально ограниченной длиной суффикса x . Поскольку слова из Y однозначно определяются своими суффиксами x , составляющими множество X , то таким образом, X принадлежит классу $EXP\text{-space}$.

Известно частичное вырождение иерархии AM , отражающей интерактивные взаимодействия с конечным числом раундов между вероятностной машиной (Артуром), работающей полиномиальное время, и машиной с неограниченными ресурсами (Мерлином) [17]. Неформально, Артур должен узнать истину, ведя диалог с Мерлином, обладающим гораздо большими возможностями, но при этом, проверяя, не обманывает ли его Мерлин. Конечное число раундов можно свести к частному случаю, когда Мерлин даёт все ответы сразу. При этом посредством диалога с

полиномиальным числом пережений вопросов и ответов можно моделировать работу произвольного алгоритма с полиномиально ограниченной памятью. Важное отличие АМ от РН состоит в использовании Артуром вероятностного алгоритма. По аналогии с этим результатом можно было бы ожидать, что иерархия РН тоже вырождена и класс NP совпадает с двойственным классом coNP. Однако многочисленные попытки доказать или опровергнуть это утверждение не привели к успеху.

Для всякого сложностного класса языков, т.е. класса, выделяемого на основании «одинаковости» временной или ёмкостной сложности алгоритмов, которые распознают языки этого класса, важной характеристикой служат полные в этом классе языки. Такой язык L должен, во-первых, сам принадлежать этому классу, во-вторых, для каждого языка M из этого класса вопрос о принадлежности слов языку M должен полиномиально сводиться к аналогичному вопросу для языка L . Таким образом, полный для сложностного класса язык полностью его характеризует относительно сложности вычислений, можно, поэтому сказать, что полный в данном классе язык – это его паспорт.

Ярким примером этому может служить класс NP, для него известно очень много полных языков [1]. В их число входят языки, соответствующие таким признано сложным задачам, как задача о существовании гамильтонова цикла, задачи о выполнимости формул исчисления высказываний и о возможности правильно раскрасить вершины графа в k цветов и многие другие широко известные задачи.

Стоит отметить, что одними такими важными для практики задачами список известных полных проблем для класса NP не исчерпывается. В последнее время он активно пополняется за счёт классических задач алгебры. Например, таковой является задача о вычислении геодезической длины элементов в свободной разрешимой группе степени 2 и фиксированного ранга [18]. В то же время для некоторых, казалось бы, очень тесно связанных с этой задачей проблем равенства, сопряженности и степени имеются алгоритмы полиномиальной сложности [18]. Более того, эти алгоритмы являются полиномиальными не только от длины исследуемых слов, но также и от ранга и степени разрешимости свободной разрешимой группы, что сильно контрастирует с давно известными алгоритмами для решения этих задач, основанными на вложении Магнуса. Недавно эти детерминированные полиномиальные алгоритмы удалось заметно упростить [19], интересно, что вероятностные аналоги этих алгоритмов, которые описаны там же, имеют в качестве верхней границы сложности многочлены, степени которых лишь на единицу меньше, чем у детерминированных алгоритмов.

Наличие полных языков для некоторых сложностных классов является открытой проблемой. Например, существование полного языка во всей иерархии РН равносильно тому, что она имеет только конечное число уровней, т.е. она является почти вырожденной.

В отличие от этого, уровни полиномиальной иерархии PH допускают простую характеристику на основе полных языков в каждом классе. Примеры полных языков из второго P-Дельта-класса можно найти в [20]. Для классов P-Сигма-k и P-Пи-k таковыми служат классы предварённых формул с соответствующим числом перемен кванторов в теории чистого равенства. Вся же теория чистого равенства является полной для класса P-спрсе [1], и неизвестно принадлежит ли она иерархии PH. В последнем случае она была бы полной и там.

Отметим, что если иерархия PH (или аналогичная ей) не вырождена, то помимо «стандартных» уровней иерархии, существуют и промежуточные классы. Аналогичная ситуация наблюдается в теории тьюринговых степеней неразрешимости, которой посвящено значительное количество публикаций, включая [21]. Можно ожидать, что существует много языков, которые принадлежат некоторому уровню иерархии, но не полны в нём и не принадлежат вложенным уровням. Тем не менее, известно лишь немного кандидатов из класса NP, для которых не доказана ни полиномиальная разрешимость, ни NP-полнота. Один из таких языков состоит из пар изоморфных графов.

Известный результат [15] показывает, что формулы с ограниченным числом перемен кванторов в теории поля комплексных чисел разрешимы алгоритмами экспоненциального времени, хотя это время зависит от числа перемен кванторов. Это может служить косвенным указанием на то, что либо экспоненциальная иерархия EXP-N вырождена, либо сложность фрагментов с ограниченным числом перемен кванторов у теории поля комплексных чисел существенно ниже, чем у известных в настоящее время алгоритмов разрешения. Последнее обстоятельство может иметь важное теоретическое и практическое значение.

С другой стороны, даже совместность систем алгебраических уравнений с целыми коэффициентами, которая выражается в теории полей экзистенциальной формулой, является NP-трудной задачей. А именно, NP-полную задачу о разбиении множества целых чисел на две части с одинаковыми суммами за полиномиальное время можно свести к задаче распознавания особой точки на гиперповерхности в пространстве достаточно большой размерности. Отметим, что при фиксированной размерности эта задача эффективно разрешима за время, полиномиально зависящее от степени гиперповерхности [22].

Вернёмся к вопросу о том, почему принято считать, что полиномиальные алгоритмы являются быстрыми. Для обоснования этого часто ограничиваются простым указанием на тот факт, что экспонента с любым основанием b большим единицы и показателем, линейно зависящим от аргумента n , станет больше значения любого многочлена $f(n)$ при всех n , начиная с некоторого значения m , зависящего от b и f . Поэтому при всех входах, чья длина n больше m , алгоритм с верхней оценкой времени $f(n)$ будет работать быстрее алгоритма с экспоненциальной

оценкой. То же верно, например, для субэкспоненциальной функции $n^{\log(n)}$. Это теоретическое обоснование не всегда согласуется с практикой, поскольку иногда экспоненциальные алгоритмы работают быстрее полиномиальных даже на достаточно длинных входах.

Одна из причин этого в следующем. При подсчёте времени работы берутся во внимание только «внешние» действия программы, а именно, сколько и каких операций произвела машина с исходными данными и теми, что хранятся в оперативной памяти (к примеру, сложений, вычитаний, умножений, сравнений, пересылок из одних ячеек памяти в другие и т.п.). Аналогом этому для машин Тьюринга служит подсчёт числа стираний-записываний и сдвигов головки. Но в действительности время работы тратится не только на эти операции, но и на поиск нужной команды. Почти то же самое происходит и в реальной вычислительной машине. Кроме того, часто полиномиальность алгоритма достигается разбором конечного и фиксированного числа случаев, и написанием для каждого из этих частных случаев своей подпрограммы. Например, для многих классов графов известны полиномиальные алгоритмы, определяющие, изоморфны ли данные графы рассматриваемого класса: для деревьев, для графов, у которых вершины имеют степени не выше второй и т.д.

Для более адекватного описания сложности программ нужно ввести понятие комбинированной (или агрегированной) меры сложности алгоритма, которая учитывала бы и «внешнюю» и «внутреннюю» его сложность. Или точнее: нужно учитывать не только число шагов на ленте, но также и время поиска в программе очередной применимой команды, которое определяется сложностью описания (строения) всей программы, тогда многое станет на своё место. Однако если брать при этом в расчёт только длину программы, то этого будет явно не достаточно.

Работа выполнена при частичной поддержке Комитета науки МОН РК (грант 0726/ГФ) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-04-40196-Н).

Литература

1. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416с.
2. Heintz J. Definability and fast quantifier elimination in algebraically closed fields // Theoretical Computer Science. – 1983. – V.24. – P.239–277.
3. Fürer M. The complexity of Presburger arithmetic with bounded quantifier alternation depth // Theoretical Computer Science. – 1982. – V.18. – P.105–111.
4. Верещагин Н.К. Новое доказательство разрешимости элементарной теории линейно упорядоченных множеств // Математические заметки. – 1990. – V.47, N 5. – P.31–38.
5. Кокс Д., Литтл Дж., О'Ши Д. Идеалы, многообразия и алгоритмы. Введение в вычислительные аспекты алгебраической геометрии и коммутативной алгебры. – М.: Мир, 2000. – 687 с.
6. Bokut L.A., Chen Y. Gröbner–Shirshov bases and their calculation // Bulletin of Mathematical Sciences. – 2014. doi: 10.1007/s13373-014-0054-6.
7. Mayr E.W., Meyer A.R. The complexity of the word problems for commutative semigroups and polynomial ideals // Advances in Mathematics. – 1982. – V.46, N 3. – P.305–329.
8. Чистов А.Л. Дважды экспоненциальная нижняя оценка на степень системы образующих

- полиномиального простого идеала // Алгебра и анализ. – 2008. – Т.20, № 6. – С.186–213.
9. Mayr E.W., Ritscher S. Dimension-dependent bounds for Gröbner bases of polynomial ideals // Journal of Symbolic Computation. – 2013. – V. 49. – P.78–94.
 10. Чистов А.Л. Алгоритм полиномиальной сложности для разложения многочленов и нахождение компонент многообразия в субэкспоненциальное время // Записки научных семинаров ЛОМИ. – 1984. – Т.137. – С.124–188.
 11. Chistov A.L. An improvement of the complexity bound for solving systems of polynomial equations // Записки научных семинаров ПОМИ. – 2011. – Т. 390. – С.299–306.
 12. Schwartz J.T. Fast probabilistic algorithms for verification of polynomial identities // Journal of the ACM – 1980. – V.27. – P.701–717.
 13. Giusti M., Lecerf G., Salvy B. A Gröbner free alternative for polynomial system solving // Journal of Complexity – 2001. – V17. – P.154–211.
 14. Herrero M.I., Jeronimo G., Sabia J. Affine solution sets of sparse polynomial systems // Journal of Symbolic Computation – 2013. – V.51. – P.34–54.
 15. Григорьев Д.Ю. Сложность разрешения теории первого порядка алгебраически замкнутых полей // Известия АН СССР. Сер. матем. – 1986. – Т.50, № 5. – С.1106–1120.
 16. Wrathall C. Complete sets and the polynomial-time hierarchy // Theoretical Computer Science. – 1977. – V.3. – P.23–33.
 17. Babai L. Trading group theory for randomness // Proceedings of the 17th ACM Symposium on Theory of Computing (STOC). – 1985. – P. 421–429.
 18. Miasnikov A.G., Romankov V., Ushakov A., Vershik A. The word and geodesic problems in free solvable groups // Transactions of the American Mathematical Society. – 2010. – V.362, №9. – P.4655–4682.
 19. Ushakov A. Algorithmic theory of free solvable groups: Randomized computations // Journal of Algebra. – 2014. – V. 407. – P. 178–200.
 20. Deineko V.G., Klinz B., Weginger G.J. Uniqueness in quadratic and hyperbolic 0–1 programming problems // Operations Research Letters. – 2013. – V.41. – P. 633–635.
 21. Арсланов М.М. Определимые отношения в структурах тьюринговых степеней // Известия высших учебных заведений. Математика. - 2014. - № 2. - С.77–81.
 22. Селиверстов А.В. О перечислении особых точек на аффинной гиперповерхности // Математика в современном мире. Материалы Международной конференции, посвященной 150-летию Д.А. Граве. – Вологда: ВГПУ. – 2013. – С.35.

Беляков Д.В.

МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского, Москва, Оршанская ул., д.3, к.т.н., доцент кафедры
Прикладная математика, информационные технологии и электротехника (495)-141-95-
57, pm@mati.ru

***Имитационное моделирование спуска
осесимметричного авторотирующего тела в
квазистатической среде***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Тело сложной конфигурации, стационарный режим, осреднение, имитационное моделирование.

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена построению и исследованию математической модели движения авторотирующего тела сложной конфигурации в гравитационном поле. Исследование опирается на работу с большими базами данных.

Введение

Быстро вращающиеся тела обладают целым рядом важных свойств, которые использовались человеком в очень давние времена. Эти свойства использовались при охоте с помощью бумеранга, при ведении боевых действий, в детских игрушках-волчках. Классические исследования по динамике абсолютно твердого тела Эйлера и Лагранжа дали обоснование некоторых свойств вращающегося твердого тела. Всем известно, что быстро вращающийся волчок обладает свойством сохранения направления своей оси, также как и ротор гироскопа. Такие же свойства имеет авторотация, т.е. свободное вращение воздушного винта под действием набегающего потока воздуха. Полет вертолета, различные ветродвигатели и многие другие вещи связаны с авторотацией. В 1920 году Дарье предложил идею ветродвигателя с вертикальной осью, который вращается в горизонтальной плоскости. Преимущество такой конструкции перед другими турбинами состоит в том, что она не требует вмешательства в свою работу при смене направления ветра. В то же время, у ветротурбины Дарье момент вращения намного больше чем у обычной крыльчатой ветротурбины (винта). Но если обычный несущий винт известен как простейшая система спуска в режиме авторотации, то неизвестно как конструкцию ветряка Дарье использовать в качестве «парашюта».

Постановка задачи

Рассмотрим движение в воздушной среде тела сложной конфигурации, состоящего из стержня и двух параллельных пластинок. Плоскости пластинок образуют угол δ с плоскостью, ортогональной

стержню (Рис. 1). Будем считать, что движение происходит в вертикальной плоскости. Выбор в качестве предмета исследования достаточно простого механического объекта-элемента ветротурбины Дарье с горизонтальной осью оправдан с точки зрения интереса к его использованию в качестве системы спуска.

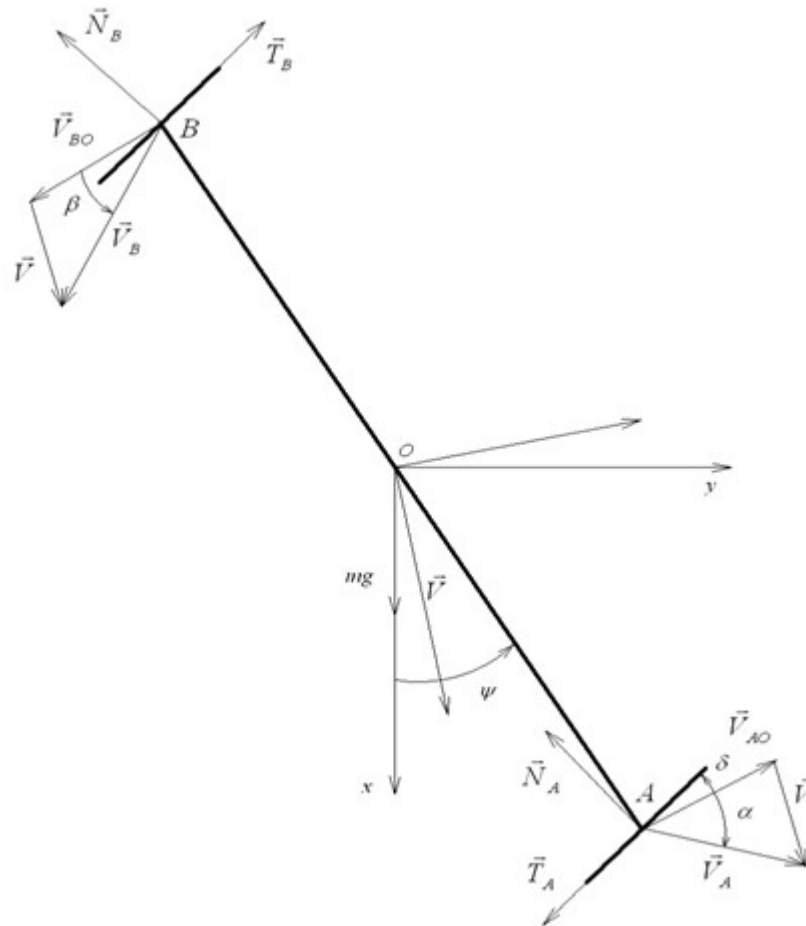


Рис. 1

При создании модели воздействия среды на тело используется гипотеза о квазистационарном обтекании пластинок средой [10], [11], [12], [13]. Согласно этой гипотезе сила воздействия среды на каждую пластинку характеризуется скоростью некоторой ее точки, которая называется центром давления. Необходимо отметить, что подобный способ описания аэродинамических сил, действующих на тело, не является единственным. Помимо упомянутой используются вихревая [14] и многотрубчатая [16] модели взаимодействия пластинок со средой. Активно исследуется влияние неоднородности потока на аэродинамические нагрузки [15] и эффект срыва потока. Выбранная квазистатическая модель обладает рядом преимуществ, таких, как простота, наглядность, хорошая согласованность с экспериментом. В рассматриваемой модели предполагается, что поперечные размеры пластинок намного меньше длины стержня. При выполнении этого условия, центры давления пластинок точки А и В можно

считать неподвижными относительно пластинок. Считается также, что среда не оказывает никакого влияния на стержень.

Составим, уравнения движения рассматриваемого тела в системе координат, связанной с осями Кенига. При этом суммарные составляющие аэродинамических сил, действующих на каждую пластинку, удобнее представить в виде суммы касательных сил \vec{T}_A, \vec{T}_B , направленных против пластинок и нормальных сил \vec{N}_A, \vec{N}_B , ортогональных им (Рис. 1).

Величины касательной и нормальной сил равны:

$$\begin{aligned} |\vec{T}_A| &= \tau(\alpha + \delta)V_A^2 = 0.5\rho\sigma c_\tau(\alpha + \delta)V_A^2, & |\vec{N}_A| &= n(\alpha + \delta)V_A^2 = 0.5\rho\sigma c_n(\alpha + \delta)V_A^2 \\ |\vec{T}_B| &= \tau(\beta + \delta)V_B^2 = 0.5\rho\sigma c_\tau(\beta + \delta)V_B^2, & |\vec{N}_B| &= n(\beta + \delta)V_B^2 = 0.5\rho\sigma c_n(\beta + \delta)V_B^2, \end{aligned}$$

где $c_\tau(\alpha)$ и $c_n(\alpha)$ безразмерные аэродинамические функции, ρ - плотность воздуха, σ - площадь одной пластинки. Известно, что $c_\tau(\alpha)$ - четная а $c_n(\alpha)$ - нечетная функция с наименьшим положительным периодом 2π . Функции $\tau(\alpha), n(\alpha)$ связаны с заданными функциями $s(\alpha), p(\alpha)$ известными соотношениями:

$$\tau(\alpha + \delta) = s(\alpha + \delta)\cos(\alpha + \delta) - p(\alpha + \delta)\sin(\alpha + \delta), n(\alpha + \delta) = s(\alpha + \delta)\sin(\alpha + \delta) + p(\alpha + \delta)\cos(\alpha + \delta)$$

В качестве обобщенных координат, определяющих положение тела, введем координаты x, y центра O масс, совпадающего с серединой стержня AB , и угол ψ отклонения стержня AB от вертикали. Чтобы описать распределение скоростей точек нашего тела, зададим проекции V_x, V_y абсолютной скорости центра масс на вертикальное и горизонтальное направление и абсолютную угловую скорость стержня $\dot{\omega}$.

Тогда теорема о движении центра масс в проекциях на оси Кенига и теорема об изменении кинетического момента будут иметь вид:

$$\begin{aligned} m\dot{V}_x &= (\tau(\alpha + \delta)V_A^2 - \tau(\beta + \delta)V_B^2)\sin(\psi + \delta) + (n(\beta + \delta)V_B^2 - n(\alpha + \delta)V_A^2)\cos(\psi + \delta) + mg \\ m\dot{V}_y &= (\tau(\beta + \delta)V_B^2 - \tau(\alpha + \delta)V_A^2)\cos(\psi + \delta) + (n(\beta + \delta)V_B^2 - n(\alpha + \delta)V_A^2)\sin(\psi + \delta) \\ J\dot{\omega} &= -r\cos\delta(\tau(\alpha + \delta)V_A^2 + \tau(\beta + \delta)V_B^2) + r\sin\delta(n(\beta + \delta)V_B^2 - n(\alpha + \delta)V_A^2) \\ \dot{\psi} &= \omega \end{aligned} \quad (1)$$

Кинематические соотношения, связывающие V_A, V_B, α, β с $V_x, V_y, \psi, \dot{\psi}$, имеют вид:

$$\begin{aligned} V_A \sin \alpha &= (V_y \sin \psi + V_x \cos \psi) \\ V_B \sin \beta &= -(V_y \sin \psi + V_x \cos \psi), \\ V_A \cos \alpha &= r\dot{\psi} - (V_x \sin \psi - V_y \cos \psi) \\ V_B \cos \beta &= r\dot{\psi} + (V_x \sin \psi - V_y \cos \psi) \end{aligned} \quad (2)$$

Аэродинамические функции $\tau(\alpha), n(\alpha), s(\alpha), p(\alpha)$ связаны соотношениями:

$$\begin{aligned} \tau(\alpha + \delta) &= s(\alpha + \delta)\cos(\alpha + \delta) - p(\alpha + \delta)\sin(\alpha + \delta) \\ n(\alpha + \delta) &= s(\alpha + \delta)\sin(\alpha + \delta) + p(\alpha + \delta)\cos(\alpha + \delta) \end{aligned}$$

После того, как мы проинтегрируем систему уравнений (1) - (2),

мы можем окончательно определить положение тела при помощи интегрирования кинематических соотношений:

$$\dot{x} = V_x, \dot{y} = V_y. \quad (3)$$

Таким образом, построена математическая модель движения тела, представляющая замкнутую систему уравнений (1)-(3).

Простейшие установившиеся движения

Будем искать простейшие установившиеся режимы движения, при которых у тела отсутствует вращение. При этом тело будет совершать поступательное движение, т.е. $\omega = 0$. Правая часть уравнения вращения системы (1) обращается в нуль тождественно, т.к. $J\dot{\omega} = 0$.

Действительно, аэродинамические функции $s(\alpha)$, $p(\alpha)$ имеют период π , а углы атаки при поступательном движении связаны соотношением: $\beta = \pi + \alpha$.

Проводя простейшие преобразования, получим:

$$\begin{aligned} J\dot{\omega} &= -V^2 r \cos \delta (\tau(\alpha + \delta) + \tau(\beta + \delta)) + V^2 r \sin \delta (n(\alpha + \delta) + n(\beta + \delta)) = \\ &= -V^2 r \cos \delta (\tau(\alpha + \delta) - \tau(\alpha + \delta)) + V^2 r \sin \delta (n(\alpha + \delta) - n(\alpha + \delta)) = 0 \end{aligned}$$

Таким образом, в рассматриваемом случае, для любого положения тела, суммарный момент аэродинамических сил равен нулю и третье уравнение системы (1) удовлетворяется тождественно.

Таким образом, любое стационарное решение $\psi(t) = \text{const} = \psi_*$ является решением уравнения вращения и является установившимся движением.

Введем для удобства угол отклонения вектора скорости от вертикали и обозначим его γ . Назовем этот угол углом планирования.

Из геометрических соображений:

$$\gamma = \psi + \alpha - \frac{\pi}{2} \quad (4)$$

Для определения стационарного значения $|\vec{V}_1|$ запишем уравнения движения центра масс:

$$\begin{cases} 2\tau(\alpha + \delta)V^2 \sin(\psi + \delta) - 2n(\alpha + \delta)V^2 \cos(\psi + \delta) + mg = 0 \\ 2\tau(\alpha + \delta)V^2 \cos(\psi + \delta) - 2n(\alpha + \delta)V^2 \sin(\psi + \delta) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

После несложных преобразований перепишем второе уравнение системы (4) в виде уравнения:

$$\text{ctg}(\psi + \alpha) = k(\alpha + \delta) \quad (6)$$

где $k(\alpha) = \frac{n(\alpha)}{\tau(\alpha)}$.

Теперь мы можем задать произвольное стационарное решение уравнения вращения $\psi(t) = \text{const}$ и при помощи решения уравнения (6) и использования соотношения (4) определить α . Таким образом мы полностью определили направление скорости V .

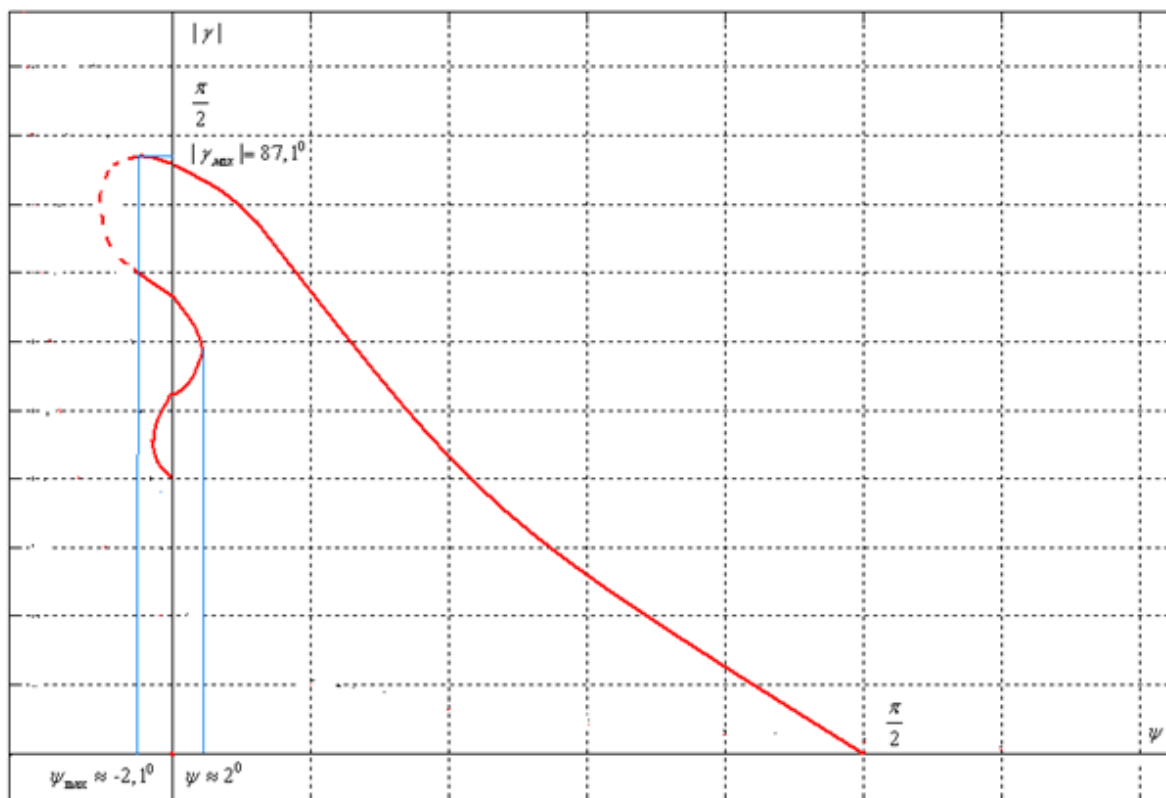


Рис. 2

Из первого уравнения (5) определим величину скорости:

$$V_* = \sqrt{\frac{mg}{2(n(\alpha) - \tau(\alpha))}} \quad (7)$$

В работе [3] дана графическая интерпретация решений уравнения (6) и приведены возможные стационарные режимы. Зависимость $\gamma = \gamma(\psi)$ угла планирования γ от угла установки тела ψ имеет вид (рис.2.).

Таким образом мы видим, что построенная нами модель движения имеет весьма интересные и неочевидные стационарные режимы.

Движение в режиме авторотации

Определим режим движения при высокой угловой скорости. Будем считать, что $r\omega \gg V$ и тело авторотирует. При $\alpha \rightarrow 0$ и $\beta \rightarrow 0$ линеаризуем кинематические соотношения:

$$\sin \alpha \sim \alpha, \sin \beta \sim \beta, \cos \alpha \sim 1 \text{ и } \cos \beta \sim 1$$

$$V_A \alpha = (V_x \cos \psi + V_y \sin \psi) V_B \beta = -(V_x \cos \psi + V_y \sin \psi)$$

$$V_A = r\omega - (V_x \sin \psi - V_y \cos \psi) V_B = r\omega + (V_x \sin \psi - V_y \cos \psi)$$

Аэродинамические функции $\tau(\alpha)$ и $n(\alpha)$ линеаризуем при $\alpha \rightarrow 0$ и $\beta \rightarrow 0$:

$$s(\alpha) = \frac{1}{2} \rho \sigma (c_{x\beta} + c'_{x\beta} \alpha), p(\alpha) = \frac{1}{2} \rho \sigma (c_{y\beta} + c'_{y\beta} \alpha)$$

$$s(\beta) = \frac{1}{2} \rho \sigma (c_{x\beta} + c'_{x\beta} \beta), p(\beta) = \frac{1}{2} \rho \sigma (c_{y\beta} + c'_{y\beta} \beta)$$

В уравнении движения и уравнениях движения центра масс сделаем

переход от переменных V_A, V_B, α и β к переменным V_x, V_y, ψ и ω , после чего проведем их осреднение по быстрой переменной ψ . Полученная система будет иметь следующее стационарное решение:

$$\alpha_0 = \frac{\sqrt{V_{x_0}^2 + V_{y_0}^2}}{r} \sqrt{\frac{c'_{y\delta} - c_{x\delta}}{2c_{x\delta}}}, V_{x_0} = \frac{mg}{\frac{1}{2} \rho \sigma r \alpha_0 (c'_{y\delta} + 3c_{x\delta})}, V_{y_0} = \frac{mg (c'_{x\delta} - 3c_{y\delta}) \delta}{\frac{1}{2} \rho \sigma r \alpha_0 (c'_{y\delta} + 3c_{x\delta})^2} \quad (8)$$

Это установившееся движение носит название режима авторотации.

Скорость вертикального снижения в таком режиме существенно меньше угловой скорости.

Сравнение установившейся скорости режима авторотации со скоростями других режимов

Проведем сравнение стационарного значения вертикальной составляющей скорости на режиме авторотации со стационарными значениями вертикальных составляющих скоростей на других установившихся режимах, при которых тело движется поступательно. Установившийся угол планирования в режиме авторотации γ_0 пропорционален величине угла перекоса пластинок δ . Если он достаточно мал, то вертикальная составляющая скорости в первом приближении будет иметь такой же вид, как в формулах (3.1.5), определяющих параметры режима авторотации.

$$V_{y_0} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho \sigma (c'_{y_0} + 3c_{x_0})}} \sqrt{\frac{2c_{x_0}}{c'_{y_0} - c_{x_0}}} < \sqrt{\frac{2mg}{\rho \sigma (c'_{y_0} + 3c_{x_0})}} \sqrt{\frac{2c_{x_0}}{c'_{y_0} - c_{x_0}}}$$

С другой стороны, для минимального значения вертикальной составляющей скорости при поступательном движении в § 2 Главы 1 при помощи первого приближения была получена оценка (2.1.14). Таким образом, достаточно сравнить:

$$\sqrt{\frac{1}{(c'_{y_0} + 3c_{x_0})}} \sqrt{\frac{2c_{x_0}}{c'_{y_0} - c_{x_0}}} \text{ и } \sqrt{\frac{c_{x_2}}{[4c_{x_0}c_{x_2} + (c'_{y_0})^2]}}$$

Для тела, имеющего прямоугольные пластинки с удлинением ($\lambda = 8$), имеем:

$$c_{x_0} = 0.01, c_{x_0}'' \approx 2.62423, c_{x_2} = \frac{1}{2} c_{x_0}'' = 1.312115, c'_{y_0} = 4.58.$$

$$\sqrt{\frac{1}{(c'_{y_0} + 3c_{x_0})}} \sqrt{\frac{2c_{x_0}}{c'_{y_0} - c_{x_0}}} = 0.0379 \text{ и } \sqrt{\frac{c_{x_2}}{[4c_{x_0}c_{x_2} + (c'_{y_0})^2]}} = 0.2498$$

Таким образом, неравенство $V_0 < V_{y_0}$ выполнено заведомо, так что вертикальная проекция скорости в режиме авторотации является минимальной по сравнению с вертикальными составляющими скоростей на других простейших установившихся режимах.

Имитационное моделирование множества стационарных

режимов.

В работе [3] было проведено аналитическое исследование поступательного движения тела. В результате поиска графических решений уравнения (6) при различных значениях угла ориентации тела ψ качественным образом была изображена зависимость $\gamma = \gamma(\psi)$ (рис. 2). Но графический метод исследования позволяет найти лишь некоторые свойства решения и лишь приблизительно оценить их. Для более точного поиска корней уравнения (6) написана программа, с помощью которой ищется численное решение этого уравнения при различных значениях ψ и $\delta = 0$.

Задача определения точек пересечения графиков $y = ctg(\psi + \alpha)$ и $y = k(\alpha)$ сводится к поиску численных решений системы уравнений:

$$\begin{cases} ctg(\psi + \alpha) - y = 0 \\ k(\alpha) - y = 0 \end{cases}$$

При решении этой системы необходимо учесть, что функция качества $y = k(\alpha) = \frac{p(\alpha)}{s(\alpha)}$ для плоских прямоугольных пластинок, как правило, представляет собой экспериментальные данные. Например, для прямоугольных пластинок с удлинением $\lambda = 8$, такие данные на интервале $[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$, имеются в [13].

Для решения систем нелинейных уравнений в среде программирования MATLAB используется процедура `fsolve`, входящая в пакет расширения Optimization Toolbox. Эта процедура позволяет решить системы нелинейных уравнений вида: $F(X) = 0$ методом наименьших квадратов. Необходимо подготовить файл-функцию для этой системы уравнений. Преобразованная система уравнений для составления файл-функции будет иметь вид:

$$F(X) = \begin{cases} f_1(x_1, x_2) = ctg(x(1) + \psi) - x(2) \\ f_2(x_1, x_2) = spline(alfa, k, x(1)) - x(2) \end{cases}$$

Значение функции качества в каждой точке итерационного процесса при поиске численных решений будем приближать кубическим сплайном.

После этого составим в редакторе MATLAB файл-функцию следующего вида:

```
function f=myfyn3(x)
f(1)=cot(x(1)+ksi)-x(2)
f(2)=spline(alfa,k,x(1))-x(2)
```

Далее вводится начальная точка итерационного процесса и происходит вызов процедуры `fsolve`:

```
a=spline(alfa,k, 0.01 )
x=fsolve(@myfyn3,[ 0.01 a ],optimset('Display','off'))
```

После завершения итерационного процесса найденное численное

решение выводится с точностью, близкой к машинной. В качестве результата моделирования выводятся графики кривых $\gamma = \gamma(\psi)$ и $V_x = V_x(\psi)$ (Рис. 3) при $\delta = 0^\circ$, $m = 5$ кг, $\sigma = 0.32$ кв. метров.

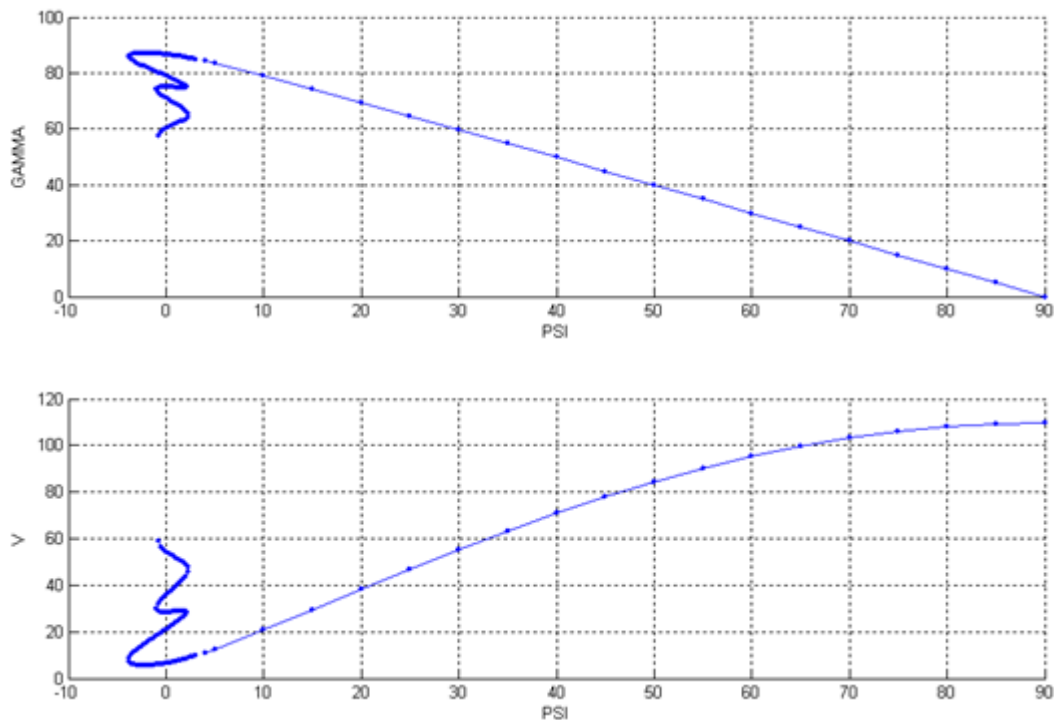


Рис. 3

Таким образом, задав положение тела при помощи угла ψ и установочный угол пластинок при помощи угла δ , мы можем численно найти стационарные значения V_0, γ_0 при поступательном движении тел

Заключение

Таким образом, в работе:

1. Создана математическая модель движения тела.
2. Получены следующие результаты:
 - найдено множество неизолированных установившихся режимов, при которых у тела отсутствует вращение;
 - найден стационарный режим авторотации. Показана зависимость режима авторотации от аэродинамических характеристик;
 - сравнение скорости снижения режима авторотации со скоростью спуска в других режимах показало, что спуск в режиме авторотации происходит с наименьшей скоростью по сравнению со всеми другими режимами.
3. Разработан комплекс программ и проведено имитационное моделирование движения тела. Построено множество неизолированных стационарных режимов. Проведены численные исследования движения тела на различных режимах.

Литература

1. Локшин Б.Я., Привалов В.А., Самсонов В.А. «Введение в задачу о движении точки и тела в сопротивляющейся среде». Издательство Московского университета. 1992.
2. Беляков Д.В., Самсонов В.А., Филиппов В.В. «Исследование движения несимметричного тела в сопротивляющейся среде» // Издательство «МЭИ», журнал «Вестник МЭИ», выпуск № 4 2006 г., стр. 5–10.
3. Беляков Д.В. «Исследование и особенности математической модели движения несимметричного авторотирующего тела в квазистатической среде» // Издательство «Новые технологии», журнал "Мехатроника, Автоматизация, Управление". Выпуск № 11. 2007 г., стр. 20–24.
4. Самсонов В.А., Беляков Д.В., Чебурахин И.Ф. «Вертикальное снижение тяжелого симметричного авторотирующего тела» в сопротивляющейся среде» // Издательство «МАТИ»-РГТУ, сборник «Научные Труды МАТИ», выпуск 9 (81). Москва. 2005. г., стр. 145–150.
5. Самсонов В.А., Беляков Д.В. «Математическое моделирование движения симметричного авторотирующего тела, раскрученного до высокой угловой скорости, в воздушной среде». Издательство «МАТИ» -РГТУ, сборник «Научные Труды МАТИ» выпуск 10 (82). Москва. Изд-во МАТИ-РГТУ. 2006 г., стр. 196–200.
6. Табачников В.Г. «Стационарные характеристики крыльев на малых скоростях во всем диапазоне углов атаки». Труды ЦАГИ 1974 г. выпуск 1621.
7. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. «Прикладные методы в теории колебаний». Издательство «Наука» 1988 г.
8. Волосов В.М., Моргунов Б.М. «Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем». Издательство Московского университета. 1971.
9. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. «Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний». Издательство «Наука». 1974.
10. Малкин И.Г. «Теория устойчивости движения». Издательство «Наука» 1966 г.
11. Тихонов А.Н., Васильева А.Б., Свешников А.Г. «Дифференциальные уравнения». Издательство «Наука» 1985 г.
12. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П. Кобельков Г.М. «Численные методы». Издательство Московского университета. 1987.
13. Самарский А.А., Гулин А.В. «Численные методы». Издательство «Наука» 1989 г.
14. Дьяконов В. «MATLAB 6: учебный курс». Издательский дом «Питер» 2001 г.
15. Paraschivoiu J. «Double Multiple Streamtube model with Recent Improvements» // Journal of Energy, vol.7 no.3.
16. Vittecoq P., Laneville A. «The Aerodynamic Forces for a Darrieus Rotor with Straight Blades: Wind Tunnel Measurement» // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics vol.15 Aug-Sept. 1983 pp 381–388.
17. Самсонов В.А. Беляков Д.В. «Математическая модель движения симметричного авторотирующего тела в сопротивляющейся среде». Юбилейный сборник к 75-летию МАТИ. Изд-во МАТИ-РГТУ. 2007
18. Беляков Д.В., Самсонов В.А. «Оценка возможностей нового типа ротирующего спускающегося в воздухе объекта». XXVI Академические Чтения по Космонавтике. 2002 г.
19. Беляков Д.В. «Математическое моделирование движения ротирующего спускающегося в воздухе объекта». Труды Пятого Международного Аэрокосмического Конгресса 2006 г.
20. Беляков Д.В. «Математическая модель несимметричного авторотирующего тела в сопротивляющейся среде». XXXIII Международная Молодежная Научная Конференция «Гагаринские Чтения» 2007 г.
21. Беляков Д.В. «Математическое моделирование движения ротирующего спускающегося в воздухе объекта». Пятый Международный Аэрокосмический Конгресс IAC 06. Посвящается 20-летию вывода в космос орбитальной станции "МИР". Полные доклады. 27-31 августа 2006 г., Москва, Россия. Электронный вид. Рег. номер.
22. Beljakov D.V. «Mathematical modelling of movement rotating object going down in air». Fifth International Aerospace Congress IAC'2006. 27–31 August, 2006, Moscow, Russia. SIP RIA, 2006. Full of lecture. Electronic form. Serial number. 2007. Л.

Зверков О.А.¹, Рубанов Л.И.² Селиверстов А.В.³

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, г. Москва

¹н.с., zverkov@iitp.ru

²в.н.с., rubanov@iitp.ru

³в.н.с., slvstv@iitp.ru

Поиск ультраконсервативных элементов у простейших типа Apicomplexa

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Ультраконсервативный элемент, простейшие, Apicomplexa, кластер.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается кластеризация последовательностей и представлены результаты поиска на её основе ультраконсервативных элементов у простейших типа Apicomplexa.

В 2004 г. в геномах позвоночных были открыты ультраконсервативные элементы, сначала как точные повторы, затем как повторы, которые могут незначительно отличаться [1]. Первоначально был выделен 481 такой участок с сохранением синтении. Функциональная роль таких элементов до сих пор не определена, но их очень высокая консервативность, сложность и специфическое расположение в геноме указывают на вероятную роль в регуляции экспрессии генов эукариот. Ультраконсервативные элементы рассматриваются как новые источники филогенетической информации в геномах: они многочисленны, консервативны и соотнесены у далёких видов, они позиционно не пересекаются с большинством генных семейств с большим числом паралогов, редко содержат вставки мобильных элементов. Подобные характеристики указывают на их наследование от общего предка, жёсткий характер стабилизирующего отбора и функциональную значимость геномного контекста. С увеличением размера генома и сложности его организации, от дрожжей к позвоночным, увеличивается и доля ультраконсервативных элементов, приходящихся на некодирующую (возможно, регуляторную) часть генома. Например, найдено более 5000 уникальных ультраконсервативных элементов у птиц и рептилий [2], более 2000 – у мух и позвоночных [3]. Ультраконсервативные последовательности описаны у дрозофил и у позвоночных животных с близким уровнем филогенетического расхождения видов, измеренного по кодирующим белки областям. Как длины, так и числа ультраконсервативных элементов оказались больше у позвоночных. Однако у простейших такие элементы до

сих пор не исследовались.

Причины консервативности остаются неизвестными. Возможно, часть из них является результатом горизонтального переноса от симбионтов или паразитирующих видов с широким распространением. Примером возбудителя протозойных инфекций, имеющего всесветное распространение служит *Toxoplasma gondii*, который относится к наиболее важным для медицины и ветеринарии представителям типа Apicomplexa. Церебральный токсоплазмоз, как оппортунистический паразитоз, занимает третье место в структуре летальных исходов при ВИЧ-инфекции.

Описание ультраконсервативных участков позволяет получать новые сведения о распространении возбудителей инфекций и путях заражения. В свою очередь это позволит целенаправленно проводить противоэпидемиологические мероприятия.

С другой стороны, такие участки могут служить маркерами (зондами) для определения филогенетического положения малоизученных видов беспозвоночных животных. Это особенно актуально для видов, составляющих зоопланктон и в значительной степени определяющих продуктивность водных экосистем.

За последнее время значительно увеличилось число секвенированных геномов простейших, включая представителей типа Apicomplexa.

Геномные данные брались из базы данных Eukaryotic Pathogen Database Resources (<http://eupathdb.org/>). Нами выполнен широкомасштабный поиск ультраконсервативных элементов длиной от 90 п.н. и выше. Для этого из совокупности консервативных участков ДНК для анализа отобраны участки, полностью совпадающие у *Toxoplasma gondii* ME49 и *Neospora caninum*.

Найдено 30 таких участков, но подавляющее большинство из них перекрывает кодирующие области. Соответствующие гены были определены парным выравниванием ДНК против ДНК [4]. Наиболее длинные фрагменты (до 697 п.н.) расположены целиком в кодирующей области гена 28S рРНК на хромосоме IX или в гомологичных генах на хромосомах IX и Ia. Последние, возможно, представляют собой результаты недавних дупликаций генов рРНК.

Менее длинные консервативные участки перекрывают кодирующие области генов TGME49_245620 (рибосомный белок RPS27A), TGME49_301250 (гипотетический белок), TGME49_237130 (цитохром b), TGME49_237120 (гипотетический белок), TGME49_295710 (гипотетический белок), TGME49_242340 (рибосомный белок RPS29), TGME49_210690 (рибосомный белок RPS6), TGME49_254915 (гипотетический белок), TGME49_296010 (фосфаталинозитол-3-4-киназа), TGME49_296000 (гипотетический белок), TGME49_266785 (белок, содержащий мотив zinc finger типа CCCH), TGME49_286090 (фактор инициации трансляции SUI1), TGME49_248480 (рибосомный белок RPS9) и TGME49_231140 (рибосомный

белок RPS25).

Пять ультраконсервативных участков из *Toxoplasma gondii* ME49 с длинами 166, 158, 143, 112 и 90 п.н. не перекрывают известные гены и являются кандидатами на роль ультраконсервативных некодирующих элементов. Координаты этих участков TGME49_chrV:2898396..2898561, TGME49_chrV:2898399..2898556, TGME49_chrVIIb:3224157..3224299, TGME49_chrIII:999998..1000109 и TGME49_chrVIIa:371446..371535.

Первый из них наиболее консервативен среди видов типа Apicomplexa. Точное совпадение наблюдается у штаммов *T. gondii* FOU, p89, VAND, TgCATBr9, RUB, GAB2-2007-GAL-DOM2, CtCo5, GT1, ME49, VEG, а также у видов *N. caninum* Liverpool и *Hammondia hammondi* H.H.34. Этот элемент, но уже с тремя заменами нуклеотидов представлен у *Sarcocystis neurona* SN3. Близкие последовательности, но с бóльшим числом замен, найдены у кокцидий *Eimeria maxima* Weybridge и *E. praecox* Houghton и у пироплазмид: *Babesia microti* RI, *B. bovis* T2Bo, *Theileria equi* WA, *Th. orientalis* Shintoku, *Th. parva* Muguga, *Th. annulata* Ankara. Этот элемент с ещё бóльшими отличиями (по сравнению с *T. gondii*) наблюдаются у *Cryptosporidium hominis* TU502, *C. parvum* Iowa II и *C. muris* RN66. Последовательности этого элемента с одной делецией выравниваются у *Plasmodium gallinaceum* 8A, *Pl. vivax* Sal-1, *Pl. cynomolgi* B, *Pl. knowlesi* H, *Pl. falciparum* 3D7, *Pl. falciparum* IT, *Pl. chabaudi* chabaudi, *Pl. berghei* ANKA, *Pl. yoelii* yoelii 17XNL и *Pl. yoelii* yoelii YM. У *Plasmodium* spp. эти последовательности хорошо выравниваются друг с другом.

Также найдены последовательности этого ультраконсервативного элемента с одной делецией у различных видов эймерий: *Eimeria tenella* strain Houghton, *E. maxima* Weybridge, *E. brunetti* Houghton, *E. necatrix* Houghton, *E. falciformis* Bayer Haberkorn 1970, *E. mitis* Houghton, *E. acervulina* Houghton. Пример выравнивания показан на рис. 1.

```
T: 4      aattaaacttacctggcagggcgctcgggggtggctcacgcatcaccctgtcgtagttcgga 63
          |||
E: 24397 aattaaacttacctggcagggcgctcgggggtggctcgtccatcaccctgtcgtagttcgga 24338

T: 64      gcagggcactgcactctgctg-ctgtgatgagctatgggctcccaatcgggggtgccaac 122
          |||
E: 24337 gcagagcactgcactcagctgtctgtaatgggctatgggcctccatcgtgggggtgccaac 24278

T: 123     tgcagaatttctggttagcggcaggttgcggttcgcgc 158
          |||
E: 24277 tgcagaatttctgatagcggcatggttcggttcgcgc 24242
```

Рис.1. Выравнивание ультраконсервативных элементов из *Toxoplasma gondii* ME49 и *Eimeria acervulina* Houghton (локус HG670352). Длина выравнивания 156 из 166 поданных на вход программы blast. Совпадает 89% нуклеотидов (140/156), делеция состоит из одного нуклеотида

Другие найденные ультраконсервативные элементы также имеют близкие по последовательности участки в большинстве видов типа Apicomplexa. Количество нуклеотидных замен не более 11%.

Для анализа найденных консервативных элементов был проведён

поиск соответствий по базе данных Rfam [5]. Три из рассмотренных пяти консервативных элементов в *T.gondii* ME49 (два перекрывающихся элемента на хромосоме V и ещё один на хромосоме VIIb) гомологичны РНК U1, участвующей в сплайсинге и регулирующей разнообразие изоформ [6–7]. Четвёртый элемент (на хромосоме III) гомологичен РНК U6, также участвующей в сплайсинге [8–11]. Самый короткий элемент, который расположен на хромосоме VIIa, не имеет значительного сходства с известными образцами из базы Rfam. Результаты поиска в базе Rfam приведены в таблице.

Длина	Позиции в геноме <i>T.gondii</i> ME49	Rfam	Bits score
166	TGME49_chrV:2898396..2898561	U1	89.8
158	TGME49_chrV:2898399..2898556	U1	80.9
143	TGME49_chrVIIb:3224157..3224299	U1	69.6
112	TGME49_chrIII:999998..1000109	U6	102.4
90	TGME49_chrVIIa:371446..371535	N/A	

Отметим, что пять перечисленных ультраконсервативных элементов специфичны для типа Apicomplexa и не обнаружены у других простейших. Поэтому они могут служить филогенетическими маркерами для установления принадлежности видов таксономическим группам.

В биоинформатике часто рассматривают взвешенные многодольные графы, у которых вес каждого ребра отражает сходство последовательностей, приписанных его концам. Доли соответствуют видам. Ультраконсервативным элементам соответствуют такие m -плотные подграфы взвешенного многодольного графа, которые содержат рёбра большого веса. Последние условия предполагают заданными некоторые пороги. Такие подграфы называют *кластерами*.

На этой основе проведён поиск ультраконсервативных элементов для списка из 10 хорошо собранных геномов споровиков: *Toxoplasma gondii* ME49, *Neospora caninum* Liverpool, *Sarcocystis neurona* SN3, *Eimeria tenella* Houghton, *Cryptosporidium parvum* Iowa II, *Plasmodium falciparum* 3D7, *Babesia bovis* T2Bo, *Theileria parva* Muguga, *Th. annulata* Ankara и *Gregarina niphandrodes*. Из них учитывались только контиги длиной 500 п.н. и более.

При попарном выравнивании участков длиной не менее 150 п.н. допускалась величина штрафа не более 20 (при штрафе за несовпадение 1 и постоянном штрафе за делецию 5.1). Практически во всех подходящих парах встречалось не более 3 делеций. Кроме того, участки отбирались по сложности (коэффициент сжатия не более 2.5). Всего подходящих пар, т.е. рёбер предварительного графа, нашлось 23887.

Далее проводилась склейка вершин из одного вида, участвующих в различных ребрах, исходя из величины перекрытия соответствующих участков генома (например, 120).

Если требовать, чтобы каждая вершина кластера в графе была смежна с 6 или более долями (когда параметр алгоритма поиска кластеров $m=7$), то ответом является пустое множество (нет ни одного кластера).

Если же ослабить это требование, то найдутся кластеры с представителями всех 10 долей. Наиболее интересен вариант $m=3$, в котором найдено 3 кластера с 10 видами, по одному с 9 и 8 видами, 6 кластеров с 7 видами, 3 кластера с 6 видами, 5 кластеров с 5 видами, 1 кластер с 4 видами и 7 кластеров с 3 видами. Однако среди соответствующих последовательностей встречаются участки большой субъединицы рибосомной РНК.

Дальнейшее изучение ультраконсервативных элементов предполагает одновременное изучение последовательностей фланкирующих их локусов сегментов некодирующей ДНК в геномах. Анализ полногеномных данных позволяет изучать редкие явления или сочетания явлений, которые проливают свет на различные аспекты межгенных взаимодействий. Идея анализа в следующем: синергический эпистаз между вредными мутациями в пределах одного генотипа должен приводить к изменениям в распределении числа таких мутаций на генотип. Конкретно, поскольку синергический эпистаз на приспособленность приводит к избирательному действию отбора против особей, несущих большое число вредных мутаций, он должен снижать дисперсию числа вредных мутаций на генотип по сравнению с ожидаемой в отсутствие эпистаза. Другими словами, при эпистазе особи, несущие вредные мутации сразу во многих локусах, должны быть более редки в популяции, чем ожидается.

Это теоретическое предсказание можно проверить, используя данные по генетической изменчивости в природных популяциях. Поскольку для подсчета числа вредных аллелей в генотипе требуются полные генотипы, а для обнаружения сигнала эпистаза – анализ больших выборок генотипов, данные, необходимые для подобного исследования, начали появляться только недавно. А именно нужно рассматривать различные классы полиморфизмов, против которых ожидается действие отбора разной силы: от максимального (например, нонсенс-мутации, радикальные миссенс-мутации в консервативных аминокислотных сайтах, мутации в ультраконсервативных некодирующих позициях) до минимального (синонимические мутации). Отклонение распределения числа вредных аллелей на геном от ожидаемого будет означать действие синергического эпистаза против вредных мутаций на уровне всего генома.

Помимо глобального, в геноме также может действовать локальный эпистаз между мутациями в пределах одного функционального элемента (гена, ультраконсервативного некодирующего элемента, сайта связывания фактора транскрипции и т.п.). Свойства локального и глобального эпистаза, по-видимому, радикально различаются: локальный эпистаз определяется необходимостью действия функционального элемента как целого.

Взаимодействия между вредными аллелями в пределах функционального элемента могут быть как синергическими, так и антагонистическими. Антагонистический (положительный) эпистаз можно ожидать для мутаций большого эффекта: например, в ситуации, когда одна

замена в ключевой позиции сайта посадки транскрипционного фактора может полностью «выключать» функцию такого сайта, так что дальнейшее накопление мутаций в этом сайте будет лишь очень слабо вредным или даже нейтральным. С другой стороны, слабовредные мутации малого эффекта могут взаимодействовать синергически, так что приобретение одной мутации делает более вредными мутации, накапливающиеся после неё. На отдельных функциональных элементах наблюдался как синергический, так и антагонистический эпистаз; однако понимание вклада того и другого фактора в изменчивость можно получить только полногеномным анализом.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 13-04-40196-Н).

Литература

1. Bejerano G., Pheasant M., Makunin I., Stephen S., Kent W.J., Mattick J.S., Haussler D. Ultraconserved elements in the human genome // *Science*. – 2004. – V. 304 (5675). – P. 1321–13254.
2. Faircloth B.C., McCormack J.E., Crawford N.G., Harvey M.G., Brumfield R.T., Glenn T.C. Ultraconserved elements anchor thousands of genetic markers spanning multiple evolutionary timescales // *Systematic biology*. – 2012. – V. 61(5). – P. 717–726.
3. Makunin I.V., Shloma V.V., Stephen S.J., Pheasant M., Belyakin S.N. Comparison of Ultra-Conserved Elements in Drosophilids and Vertebrates // *PloS one* – 2013. – V. 8(12), e82362.
4. Altschul S.F., Madden T.L., Schaffer A.A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D.J. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs // *Nucleic Acids Res.* – 1997. – V.25. – P.3389–3402.
5. Burge S.W., Daub J., Eberhardt R., Tate J., Barquist L., Nawrocki E.P., Eddy S.R., Gardner P.P., Bateman A. Rfam 11.0: 10 years of RNA families // *Nucleic Acids Research*. – 2012. – doi: 10.1093/nar/gks1005.
6. Zwieb C. The uRNA database // *Nucleic Acids Research*. – 1997. – V. 25 (1). – P. 102–103.
7. Berg M.G., Singh L.N., Younis I., Liu Q., Pinto A.M., Kaida D., Zhang Z., Cho S., Sherrill-Mix S., Wan L., Dreyfuss G. U1 snRNP determines mRNA length and regulates isoform expression // *Cell*. – 2012. – V. 150 (1) – P. 53–64.
8. Brow D.A., Guthrie C. Spliceosomal RNA U6 is remarkably conserved from yeast to mammals // *Nature*. – 1988. – V. 334 (6179). – P. 213–218.
9. Marz M., Kirsten T., Stadler P.F. Evolution of spliceosomal snRNA genes in metazoan animals // *J. Mol. Evol.* – 2008. – V. 67 (6). – P. 594–607.
10. Butcher S.E., Brow D.A. Towards understanding the catalytic core structure of the spliceosome // *Biochem. Soc. Trans.* – 2005. – V. 33 (Pt 3). – P. 447–449.
11. Karaduman R., Dube P., Stark H., Fabrizio P., Kastner B., Lührmann R. Structure of yeast U6 snRNPs: arrangement of Prp24p and the LSm complex as revealed by electron microscopy // *RNA*. – 2008. – V. 14 (12). – P. 2528–2537.

Рудаков И.А.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, д.ф-м.н.,
профессор кафедры прикладная математика,
МАТИ - Российский государственный технологический университет им. К.Э.Циолковского,
профессор кафедры прикладная математика и информационные технологии.
rudakov_ia@mail.ru

Бесконечное число периодических решений большой амплитуды квазилинейного волнового уравнения с непостоянными коэффициентами

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Волновое уравнение, периодические решения, задача Штурма-Лиувилля, критические точки функционала.

АННОТАЦИЯ

Приводятся теоремы о существовании и регуляризации периодических решений волнового уравнения с однородными граничными условиями Дирихле на отрезке с переменными коэффициентами. Нелинейное слагаемое имеет степенной рост, или удовлетворяет условию нерезонансности на бесконечности.

При решении рассматриваемых задач на сетке возникают данные большого размера. Численное и аналитическое исследование этих уравнений играют важную роль в теории волновых процессов. Поэтому аналитическое исследование, предваряющее численное решение, представляет существенный интерес.

Рассматривается задача о периодических решениях волнового уравнения

$$p(x)u_{tt} - (p(x)u_x)_x + g(x,t,u) = 0, \quad 0 < x < \pi, \quad t \in R; \quad (1)$$

$$u(x,t+T) = u(x,t), \quad 0 < x < \pi, \quad t \in R; \quad (2)$$

$$u(0,t) = u(\pi,t) = 0, \quad t \in R. \quad (3)$$

Функция $p(x)$ удовлетворяет следующим условиям:

$$p(x) \in C^2[0,\pi], \quad p(x) > 0 \quad \forall x \in [0,\pi], \quad (4)$$

Уравнение более общего вида

$$\rho(z)u_{tt} - (\mu(z)u_z)_z + h(z,t,u) = 0,$$

описывающее распространение сейсмических волн, приводится к уравнению (1) с помощью замены переменной $x = \int_0^z \sqrt{\frac{\rho(s)}{\mu(s)}} ds$. Здесь $\mu(z)$

есть коэффициент эластичности, $\rho(z)$ - плотность породы, $p = \sqrt{\rho \mu}$ - акустический импеданс ([1]).

Обозначим $\Omega = [0, \pi] \times R \setminus (TZ)$, $\eta_p(x) = \frac{1}{2} \cdot \frac{p''}{p} - \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{p'}{p}\right)^2$, $B = \int_0^\pi \eta_p(x) dx$,

$Z_+ = N \cup \{0\}$.

Задача о периодических решениях квазилинейного волнового уравнения с постоянными коэффициентами исследовалась в большом количестве работ (см. [2]-[7]). В работах [1], [8], [9], [10], [11] было доказано существование периодических по времени решений для волнового уравнения с переменными коэффициентами в случае, когда функция $p(x)$ сохраняет постоянный знак ($\eta_p(x) > 0 \forall x \in [0, \pi]$ в [1], [8], [9], [10], $\eta_p(x) < 0 \forall x \in [0, \pi]$ в [11]). В данной работе приводятся теоремы о существовании периодических по времени решений задачи (1)-(3) в случае, когда функция $\eta_p(x)$ может изменять знак на отрезке $[0, \pi]$.

Предположим, что существуют положительные константы A_1, A_2, A_3, A_4, r такие, что при всех $(x, t, u) \in \Omega \times R$ выполнено неравенство

$$A_3 |u|^{r-1} - A_4 \leq |g(x, t, u)| \leq A_1 |u|^{r-1} - A_2, \quad (5)$$

где

$$r > 2, \quad \frac{2}{r} A_1 < A_3 \leq A_1. \quad (6)$$

Будем искать периодические решения, для которых период времени имеет вид

$$T = 2\pi \frac{b}{a}, \quad a, b \in N, \quad \text{НОД}(a, b) = 1. \quad (7)$$

Теорема 1. Пусть выполнены условия (4), (7), функция g непрерывна на

$\Omega \times R$, T -периодична по t , удовлетворяет требованиям (5), (6) и либо g не зависит от t , либо $g(x, t, -u) = -g(x, t, u)$ при всех $(x, t, u) \in \Omega \times R$. Предположим также, что либо $B > 0$ и функция g не убывает по u при всех $(x, t) \in \Omega$, либо $B < 0$ и функция g не возрастает по u при всех $(x, t) \in \Omega$. Тогда для любого $d > 0$ существует обобщенное решение $u \in L_r(\Omega)$ задачи (1)-(3) такое, что $\|u\|_r \geq d$.

Обобщенное решение определяется стандартно с помощью интегрального тождества.

Доказательство теоремы 1 проводится по плану из работы [13] и опирается на метод Е. Файрайсла [14].

Рассмотрим уравнение вынужденных колебаний неоднородной струны:

$$p(x)u_{tt} - (p(x)u_x)_x = g(x, t, u) + f(x, t), \quad 0 < x < \pi, \quad t \in R. \quad (8)$$

Предположим, что нелинейное слагаемое g удовлетворяет следующему условию: существуют $\alpha, \beta \in R$, $C \in (0, +\infty)$ такие, что

$$\alpha \leq \frac{g(x,t,u)}{p(x)u} \leq \beta \quad \forall u \in (-\infty, -C) \cup (C, +\infty), \quad \forall (x,t) \in \Omega. \quad (9)$$

Решение задачи (1)-(3) ищется в виде суммы ряда Фурье.

Для построения соответствующей ортонормированной системы рассмотрим задачу Штурма-Лиувилля:

$$-(p(x)\varphi'(x))' = \lambda p(x)\varphi(x); \quad (10)$$

$$\varphi(0) = \varphi(\pi) = 0. \quad (11)$$

Рассмотрим пространства $L_2(0, \pi)$ и $L_2(\Omega)$, скалярное произведение в которых задается соответственно равенствами

$$(\varphi, \psi) = \int_{[0, \pi]} \varphi(x)\psi(x)p(x)dx, \quad \varphi, \psi \in L_2(0, \pi),$$

$$(u, v) = \int_{\Omega} u(x,t)v(x,t)p(x)dxdt, \quad u, v \in L_2(\Omega).$$

Задача (10), (11) имеет положительные, простые ([12]) собственные значения $\lambda = \lambda_n^2$, $n \in N$ ($\lambda_n > 0$), которым соответствуют собственные функции $\varphi_n(x)$. Будем считать, что функции $\varphi_n(x)$ нормированы в $L_2(0, \pi)$. Согласно теореме В.А. Стеклова система функций $\{\varphi_n(x)\}$ является полной ортонормированной в $L_2(0, \pi)$. Заметим, что из

(10), (11) следует, что система функций $\left\{ \frac{\varphi'_n(x)}{\lambda_n} \right\}$ также является

ортонормированной в $L_2(0, \pi)$. В [12] для задачи Штурма-Лиувилля (10), (11) доказано следующее асимптотическое представление собственных значений:

$$\lambda_n = n + \frac{B}{2\pi} \cdot \frac{1}{n} + \alpha_n, \quad (12)$$

где $\alpha_n = O\left(\frac{1}{n^2}\right)$, $n \in N$.

Пусть $H_1(\Omega)$ есть пространство Соболева, полученное замыканием пространства $C^\infty(\Omega)$ по норме $\|u\|_1 = \left(\int_{\Omega} (u^2 + u_x^2 + u_t^2) dx dt \right)^{1/2}$, $H_1^0(\Omega)$ есть замыкание по норме $\|\cdot\|_1$ пространства бесконечно дифференцируемых в Ω функций, финитных по x на $[0, \pi]$ при каждом t . Система функций

$$\Lambda = \left\{ \frac{1}{\sqrt{T}} \varphi_n(x), \sqrt{\frac{2}{T}} \varphi_n(x) \cos\left(\frac{a}{b} mt\right), \sqrt{\frac{2}{T}} \varphi_n(x) \sin\left(\frac{a}{b} mt\right) \right\}_{m,n \in N}$$

является полной ортонормированной в $L_2(\Omega)$ системой. Обозначим D множество конечных линейных комбинаций функций из системы Λ . Определим оператор $A_0 : L_2(\Omega) \rightarrow L_2(\Omega)$, для которого

$D(A_0)=D$ и $A_0 \varphi = p \varphi_u - (p \varphi_x)_x \quad \forall \varphi \in D(A_0)$. Пусть $\bar{A}_0 \varphi = \frac{1}{p} A_0 \varphi \quad \forall \varphi \in D(A_0)$.

Обозначим $A = (\bar{A}_0)^*$ в $L_2(\Omega)$. Функции из системы Λ являются собственными функциями операторов A_0 и A с собственными значениями

$\mu_{nm} = \lambda_n^2 - \left(\frac{a}{b} m\right)^2, \quad n \in N, m \in Z_+,$ которые соответствуют собственным функциям

$$T_m \varphi_n(x) \cos \frac{2\pi}{T} mt, \quad n \in N, m \in Z_+, \quad T_m \varphi_n(x) \sin \frac{2\pi}{T} mt, \quad n, m \in N.$$

Здесь $\begin{cases} T_m = 0, & m = 0; \\ T_m = \sqrt{\frac{2}{T}}, & m \in N. \end{cases}$ Обозначим $\sigma(A) = \{\mu_{nm} \mid n \in N, m \in Z_+\}$.

Из (12) вытекает следующее представление для μ_{nm} :

$$\mu_{nm} = \frac{1}{b^2} (nb - am)(nb + am) + \frac{B}{\pi} + \bar{\alpha}_n,$$

где $\bar{\alpha}_n \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$. Отсюда следует, что множество $\sigma(A)$ имеет единственную предельную точку $\frac{B}{\pi}$.

Стандартно ([1]) доказываются следующие свойства оператора A : а) оператор A - самосопряжен в $L_2(\Omega)$; б) $R(A)$ замкнут в $L_2(\Omega)$; в) $L_2(\Omega) = \text{Ker } A \oplus R(A)$; г) Пространство $\text{Ker } A$ конечномерно.

Справедлива следующая теорема.

Теорема 2. Пусть $g \in C^1(\Omega \times R)$, T -периодична по t , выполнены условия (4), (7) и существуют положительные константы M_1, M_2 такие, что $|g_t(x, t, u)| \leq M_1 |u| + M_2 \quad \forall (x, t, u) \in \Omega \times R$.

Предположим также, что либо $B < 0$ и выполнено условие (9), в котором $\alpha > \frac{B}{\pi}$, $[\alpha, \beta] \cap \sigma(A) = \emptyset$ и

$$-\gamma \leq \frac{g_u(x, t, u)}{p(x)} \leq M_3 \quad \forall (x, t, u) \in \Omega \times R,$$

либо $B > 0$ и выполнено условие (9), в котором $\beta < \frac{B}{\pi}$, $[-\beta, -\alpha] \cap \sigma(A) = \emptyset$ и

$$-\gamma \leq -\frac{g_u(x, t, u)}{p(x)} \leq M_3 \quad \forall (x, t, u) \in \Omega \times R,$$

где $M_3 > 0, \gamma \in \left(0, \frac{|B|}{\pi}\right)$. Тогда для любой функции $f(x, t) \in H_1(\Omega)$ задача (1)-

(3) имеет обобщенное решение $u \in H_1^0(\Omega)$.

Доказательство существования решения опирается на теорему 3.1 из работы [10], доказательство гладкости решения проводится по плану из работы [15].

Замечание. Полученное в теореме 2 решение будет единственно, если дополнительно условиям этой теоремы потребовать при $B < 0$ выполнения условия

$$\alpha(u-v)^2 \leq \frac{1}{p(x)}(g(x,t,u) - g(x,t,v))(u-v) \leq \beta(u-v)^2 \quad \forall u, v \in R, \quad \forall (x,t) \in \Omega,$$

а при $B > 0$ потребовать условия

$$\alpha(u-v)^2 \leq \frac{1}{p(x)}(g(x,t,v) - g(x,t,u))(u-v) \leq \beta(u-v)^2 \quad \forall u, v \in R, \quad \forall (x,t) \in \Omega.$$

Литература

1. Barby V., Pavel N.H. Periodic solutions to nonlinear one dimensional wave equation with x -dependent coefficients // Trans. Amer. Math. Soc. – 1997. – V. 349, – № 5. – P. 2035–2048.
2. Rabinowitz P. Free vibration for a semilinear wave equation // Comm. Pure Appl. Math. – 1978. – V. 31. – № 1. – P. 31–68.
3. Bahri A., Brezis H. Periodic solutions of a nonlinear wave equation // Proc. Roy. Soc. Edinburgh Sect. A. – 1980. – V. 85. – P. 3130–320.
4. Brezis H., Nirenberg L. Forced vibration for a nonlinear wave equations // Comm. Pure Appl. Math. – 1978. – V. 31, No. 1. – P. 1–30.
5. Плотников П.И. Существование счетного множества периодических решений задачи о вынужденных колебаниях для слабо нелинейного волнового уравнения // Матем. Сб. – 1988. – Т. 136(178). – N4(8). – С. 546–560.
6. Feireisl E. On the existence of periodic solutions of a semilinear wave equation with a superlinear forcing term // Czechosl. Math. J. – 1988. – V. 38. – № 1. – P. 78–87.
7. Рудаков И.А. Нелинейные колебания струны // Вестн. МГУ. Сер. 1. Матем., Мех. – 1984. – № 2. – С. 9–13.
8. Рудаков И.А. Периодические решения нелинейного волнового уравнения с непостоянными коэффициентами // Матем. заметки. – 2004. – Т. 76, вып. 3. – С. 427–438.
9. Shuguan J. Time periodic solutions to a nonlinear wave equation with x -dependent coefficients // Calc. Var. – 2008. – V. 32. – P. 137–153.
10. Рудаков И.А. Периодические решения квазилинейного волнового уравнения с переменными коэффициентами // Матем. Сб. – 2007. – Т. 198. – N4(8). – С. 546–560.
11. Кондратьев В.А., Рудаков И.А. О периодических решениях квазилинейного волнового уравнения // Матем. заметки. – 2009. – Т. 85, вып. 1. – С. 36–53.
12. Трикоми Ф. Дифференциальные уравнения. – М.: УРСС, 2003. – 351 с.
13. Рудаков И.А. Периодические решения нелинейного волнового уравнения с однородными граничными условиями / И.А. Рудаков // Известия РАН. – 2006. – № 1, – С. 1–10.
14. Feirisl E. On the existence of the multiplicity periodic solutions of rectangle thin plate // Czechosl. Math. J. 1998. V. 37. № 2. P. 334–341.
15. Рудаков И.А. О периодических по времени решениях квазилинейного волнового уравнения // Тр. МИАН. 2010. Т. 270. С. 226–232.

Гагарин А.П.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, к.т.н., профессор по кафедре информатики, gagarin_ay@outlook.com

Интеграция технологий проектирования и технологий управления проектами в области программного обеспечения “систем-систем”

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Система-систем, CRM-система, программная инженерия, управление программными проектами, адаптивная технология проектирования, экстремально программирование, язык UML, прецедент, диаграмма прецедентов, класс, атрибут класса, метод класса, диаграмма классов, диаграмма последовательностей, ассоциация, артефакт, спринт, IDE.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается проблема интеграции технологий проектирования и технологий управления проектами при разработке и долговременном сопровождении программных продуктов и систем. Проблема актуальна, в частности, для “систем-систем” (Systems of Systems), для которых может потребоваться неоднократное обновление технологий их собственного развития и технической поддержки. Предлагается решение этой проблемы на основе моделей на языке UML. Особую важность эта система приобретает при работе с большими данными.

“Система-систем” (System of Systems) обязана сохранять свою целостность на протяжении исторических периодов времени, сравнимых со сроками, в течение которых совершают шаги своего развития информационные технологии, применяемые в системах такого рода [1]. Технология проектирования, применявшаяся при создании “системы-систем”, наверняка устареет к концу её жизненного цикла. С другой стороны, текущие процессы технической поддержки программного обеспечения “системы-систем” требуют постоянного применения подходящих средств программирования и проектирования. Таким образом, предвидится объективная целесообразность включения в “системы-систем” на правах их подсистем технологических комплексов проектирования и конструирования программной продукции. Для обеспечения упорядоченного развития этих подсистем “в ногу” с развитием включающей их “системы-систем” и с учётом текущего уровня программной инженерии, в неё должны включаться соответствующие

системы управления программными проектами. Указанная перспектива придаёт актуальность проблеме интеграции, заявленной в названии доклада.

Типовая модель организации проектирования программной продукции представлена на рис.1 в виде диаграммы прецедентов в нотации языка UML.

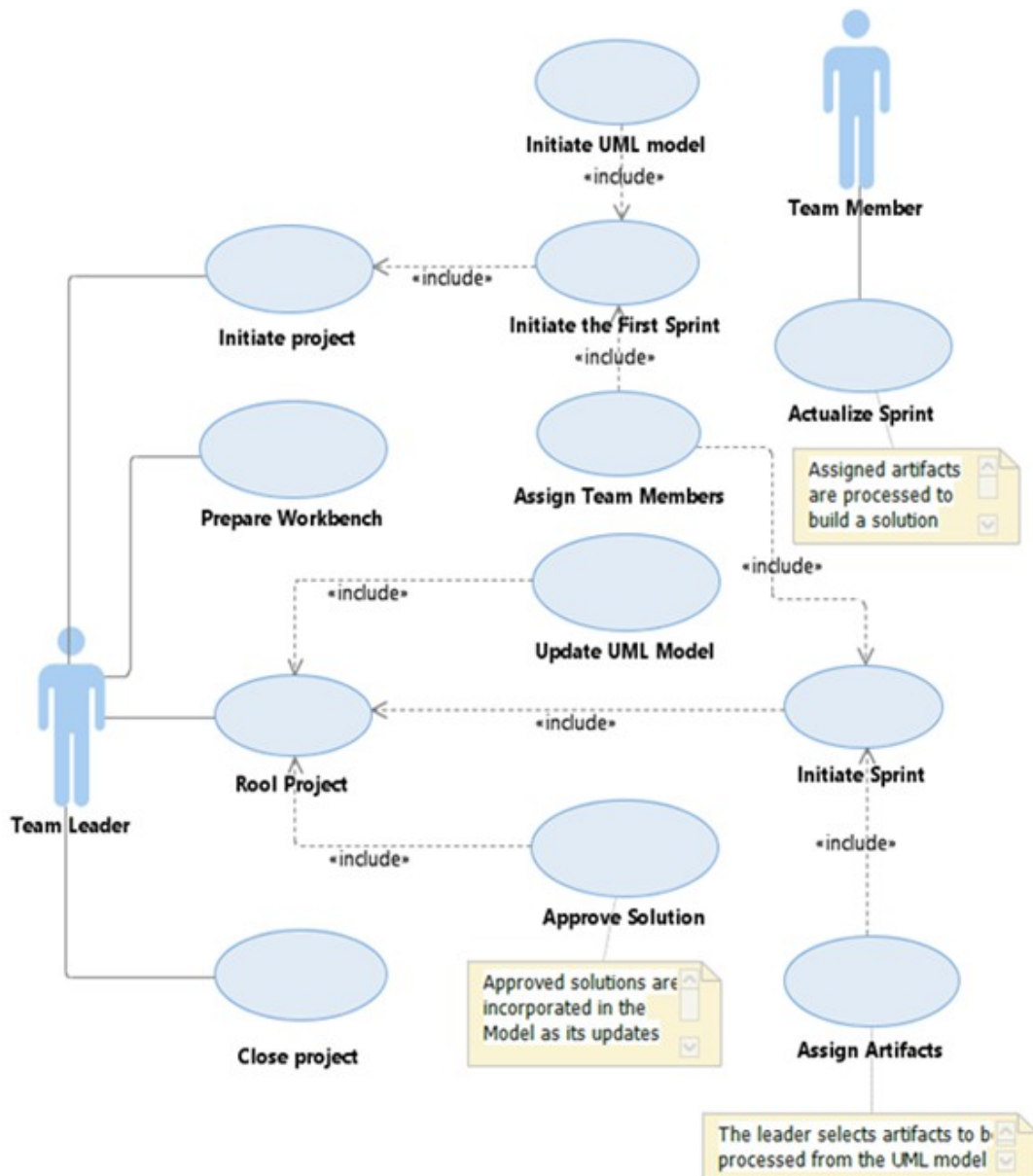


Рисунок 1. Диаграмма прецедентов проектирования программной продукции

Показанная модель ориентирована на обеспечение принципов адаптивного (agile) проектирования с использованием языка UML [2]. Основными прецедентами (use case) [3] являются Initiate Sprint (инициирование спринта) и Actualize Sprint (исполнение спринта), реализуемые, соответственно, руководителем проектирования (Team Leader) и участником команды исполнителей (Team Member). Спринтом считается элемент проекта, которому назначаются исходные данные

(прецедент Assign Artifacts) и в ходе выполнения которого вырабатываются решения по изменению имеющихся и созданию новых рабочих материалов (артефактов) проекта. В обязанности руководителя входит оценка и утверждение результатов выполнения спринтов (прецедент Approve Solution). Руководитель развивает сам или координирует развитие модели проектируемого продукта (прецедент Update UML Model).

В диаграмму также входят прецеденты, реализуемые руководителем проектирования и обеспечивающие инициирование и закрытие проекта.

Диаграмма прецедентов является обзорным документом, её детализируют и конкретизируют другие рабочие документы проектирования, среди которых центральную роль играют диаграммы классов. Диаграмма классов концептуального уровня, соответствующая рассматриваемой модели проектирования, показана на рис.2.

В соответствии с семантикой языка UML диаграмма показывает центральные структурные сущности модели: классы Sprint, Project Artifact, UML Model, Project. В диаграмме прецедентов эти сущности упомянуты как объекты, к которым применяются функции-прецеденты. В данной диаграмме для них указаны атрибуты и связи между собой и с другими классами. В частности, добавлены класс Project Prerequisites и Excerpt. Класс Excerpt представляет выборку из модели разрабатываемого продукта, представленной классом UML Model и передаваемой спринту в качестве входной информации.

Для класса Project Artifact указаны классы-потомки – классы Part of UML Model, Source Code, Bug и Test case, а для класса Sprint – классы Design, Programming, Testing и Deployment. Для этих классов атрибуты не указаны, но установленная связь наследования обязывает ввести в них все атрибуты класса Sprint: Status (состояние исполнения спринта), Time Constraints (ограничения по срокам исполнения).

Таким образом, диаграмма классов не только служит фиксации решений, уже принятых в ходе проектирования, но и служит спецификацией для принятия дальнейших решений. В частности, связи-ассоциации Selection, Initiation, Termination, is Submitted и другие, установленные в диаграмме, являются, фактически, указанием на необходимость разработки диаграмм последовательностей (взаимодействия классов) и соответствующих программ-методов в определении классов, то есть подводят к созданию новых спринтов и определяют их цели, содержание и состав исходных материалов.

Рассматриваемая модель реализуется многими системами управления проектированием, специализированными для ведения программистских проектов и доступными в сети Интернет, такими как WEB-приложение Redmine [4], система Bugzilla [5], сетевой сервис Agilefant [6] и др. Для управления программистскими проектами пригодны некоторые CRM-системы, например, Zoho CRM [7].

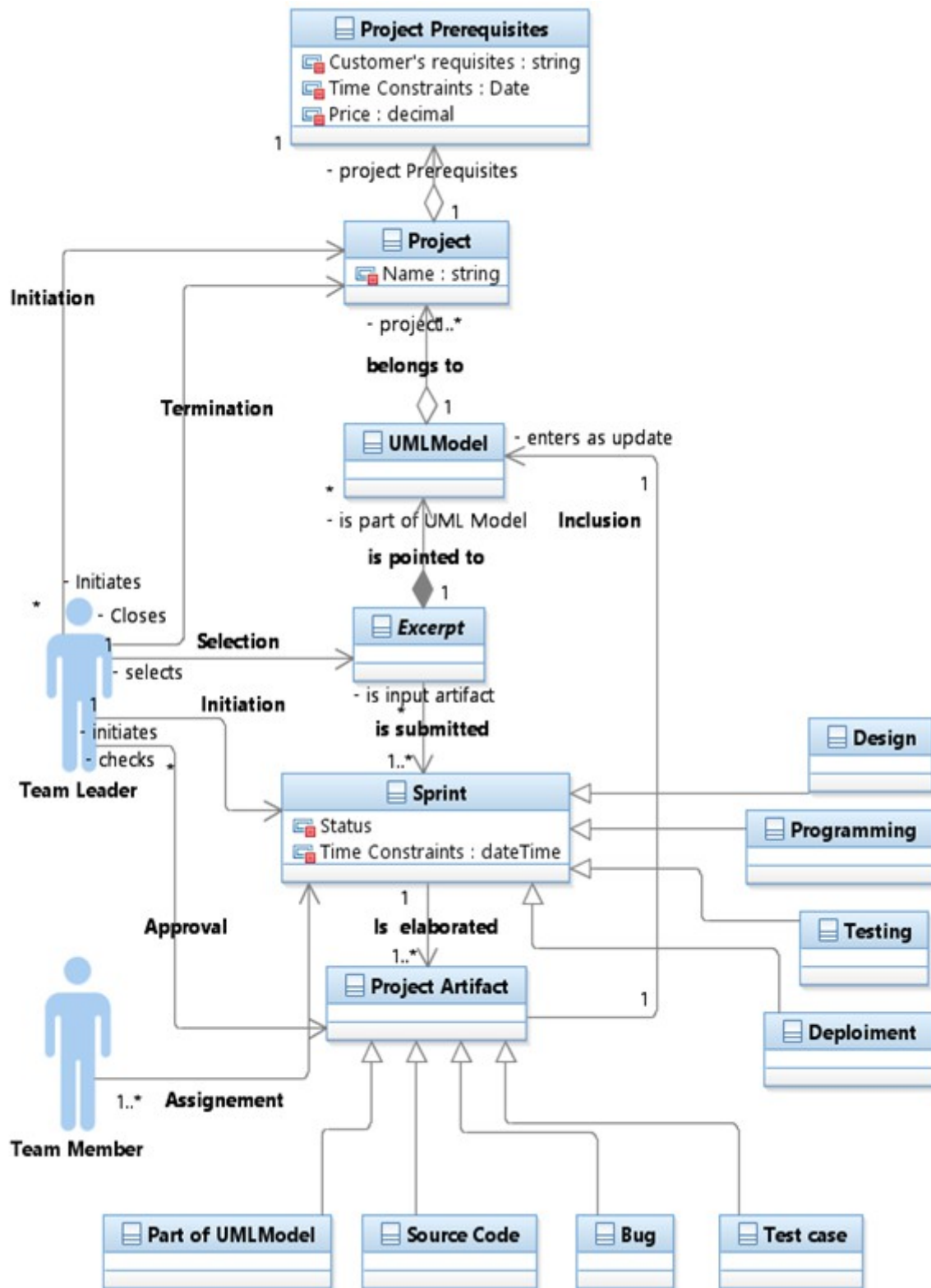


Рисунок 2. Диаграмма концептуальная классов проектирования программной продукции

Во всех этих средствах пользователь непосредственно работает с информацией административного плана: именами проектов, этапов, отдельных заданий, сроками их назначения и исполнения, именами исполнителей. Для обращения к материалам разработки: текстам

требований, моделей, исходным текстам программ, планам и протоколам их тестирования пользователь вынужден, как правило, вызывать программные продукты или сервисы за пределами системы управления проектированием.

Определённое исключение составляют подсистемы поддержки коллективной работы в IDE (интегрированных средах проектирования), например, в Сервере TFS [8], в котором, наряду с объектами, представляющими единицы работ (информация административного плана), вопросами разработчиков, ответами на них, непосредственно доступны фрагменты текстов программ на исходных языках. Но модели, предшествующие составлению исходного текста на языке программирования, в этой IDE не доступны, за исключением моделей реляционных структур баз данных.

Таким образом, остаётся не реализованным в полной мере со стороны имеющихся компьютерных средств показанный выше потенциал UML-диаграмм как основания для принятия административных решений по декомпозиции проектных работ, инициировании спринтов.

Для преодоления разрыва между процессом административного планирования и содержательного проектирования программных продуктов предлагается совмещать эти процессы в среде UML, в рамках комплекса UML-диаграмм. Пример такого совмещения рассмотрен далее.

Предполагается, что диаграмма классов, показанная на рис.2, относится к некоторому промежуточному состоянию проектирования некоторой программы, является результатом некоторого спринта и представлена руководителю проекта для принятия дальнейших решений. На рис.3 ввиду ограниченности его пространства воспроизведены только классы Project Prerequisites, Project, Sprint и Project Artifact с их связями между собой и с персоналом (классы Team Leader и Team Member). Они располагаются в правой части рис.3.

Руководитель проекта имеет техническую возможность добавлять к диаграмме объекты – экземпляры классов Sprint, Project Artifact и Team Member и связывать их между собой и классами исходной диаграммы. Рис.3 в целом показывает результат такого добавления.

Объект Sprint01:Sprint представляет решение руководителя проекта инициировать спринт для проработки класса Project Prerequisites, в результате которого должны быть выработаны диаграмма последовательностей для диалогового ввода данных этого класса и решение, как хранить эти данные во внешней памяти. Указанные результаты представлены артефактами SeqDiagr01 и Saving01. Здесь и далее элементы идентификатора объектов, выражающие принадлежность к соответствующим классам, опускаются.

Член команды А назначается исполнителем спринта Sprint01. Стрелка показывает, что класс Project Prerequisites как элемент актуальной диаграммы поступает на вход спринта. Этот элемент в данном случае

экземпляров класса Project.

Спринт Sprint23 запланирован как использующий результаты остальных спринтов для выработки артефакта Logic01 – логики, связанной с классом Project. Но этому спринту ещё не назначен исполнитель. Из диаграммы видно, что им может стать член команды С или член команды А, уже освобождающийся к возможному началу исполнения спринта Sprint23.

Обобщая рассмотренный пример, можно констатировать, что руководителю проекта предлагается работать в двух планах: плане модели коллектива исполнителей (административной модели) и плане модели разрабатываемого программного продукта. Обе модели согласованно изменяются во времени. Утверждённые артефакты проектирования, если они выражаются на языке UML, вливаются в модель продукта. Чтобы избежать загромождения моделей неактуальными версиями, можно установить правило, по которому автоматически показываются только актуальные элементы, а их предшественники или отбракованные варианты вызываются по ссылкам.

Объекты административной модели на Рис.3 для простоты показаны без атрибутов. Очевидно, что им должны приписываться хотя бы атрибуты сроков выполнения, директивных и фактических. На основе этих атрибутов нетрудно организовать расчёт времени выполнения проекта на имеющуюся глубину планирования в целом и по ветвям, а также выработать всевозможную сводную информацию.

Для совмещения обоих планов требуется незначительное профилирование языка UML, в частности определение специальных стереотипов и правил их связывания.

Предлагаемый порядок проектирования должен особенно подходить руководителям небольших коллективов, которые сочетают административную деятельность с содержательным развитием проектов. Он органически обеспечивает соблюдение принципов адаптивного проектирования в части глубокой, в меру надобности, декомпозиции проектов и оперативного порождения соответствующих процессов исполнения. Он также соответствует принципам экстремального программирования, обеспечивая единое информационное пространство планирования.

В заключение следует отметить, что рассмотренная диаграмма классов, играет двоякую роль: конкретной модели проектирования программных продуктов и модели произвольного программного проекта, развёртываемого согласно этой конкретной модели. При этом рис.3 фактически показывает возможность самоприменения приведённой конкретной модели. Режим самоприменения может оказаться особо полезным для “систем-систем”, обеспечивая упорядоченное развитие их технологических компонентов.

Литература

1. Michael Vierhauser, Rick Rabiser, Paul Grünbacher, Christian Danner, Stefan Wallner. «Evolving systems of systems: industrial challenges and research perspectives» // Proceedings of the First International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems / Montpellier, France — July 01 - 01, 2013 URL: <http://dl.acm.org/>
2. Гради Буч, Джеймс Рамбо, Ивар Якобсон. Введение в UML от создателей языка. – М.: «ДМК Пресс», 2012. – 493с.
3. Крэг Ларман. Применение UML и шаблонов проектирования. – М.: «Издательский дом «Вильямс», 2002. – 619с.
4. Redmine. URL: <http://www.redmine.org>
5. Bugzilla. URL: <http://www.bugzilla.org/>
6. Agilefant. URL: <http://agilefant.com/>
7. Zoho CRM. URL: <http://agilefant.com/>
8. Microsoft Developer Network. MSDN Library Team Foundation Server. URL: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa730884\(v=vs.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa730884(v=vs.80).aspx)

СЕКЦИЯ 12. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Зиндер Е.З.

Фонд поддержки системного проектирования, стандартизации и управления проектами,
г. Москва, президент, e-mail: EZinder@fostas.ru

Информационные пространства: генезис требований к фундаментальным свойствам

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информационное пространство, базовые требования, наследование свойств, среда обитания, образовательная среда, информационно-образовательное пространство, онтологическая модель.

АННОТАЦИЯ

Обсуждается подход к проектированию систем, претендующих на реализацию свойства «быть информационным пространством», в особенности, существенно выходящих за рамки организации или обозримого объединения организаций. Подход ориентирован на преодоление недостатков в практике проектирования систем такого масштаба. Он состоит в определении базовых требований к информационному пространству (ИП), основанных на устойчивом и общем для разных ИП фундаменте, составляемом понятиями «среда обитания человека», «информационная среда обитания», «предприятие», «архитектура предприятия» и некоторыми смежными. Работа выполнена при поддержке гранта № 13-07-00917 РФФИ, включает разработку высокоуровневых онтологических моделей и индуцируемых этими моделями требований к ИП. Подход применен к проектированию интегрированных информационно-образовательных пространств.

Многие создаваемые людьми системы, информационные и не только, вышли на качественно новый уровень масштаба и сложности. Однако к созданию многих из них применяются старые подходы, и успех в их создании явно ограничен, а иногда отсутствует. Одним из классов таких систем являются системы, получившие название «Информационное пространство» (ИП). Размер и частота неудач столь велики, что потребовался специальный анализ ситуации и предложение подхода, который ее сможет изменить, хотя бы в методическом ее аспекте. Работа, результаты которой излагаются, выполнена при поддержке гранта № 13-07-00917 РФФИ, подход применен к определению базовых типов требований к интегрированным информационно-образовательным пространствам (ИОП).

Состояние вопроса

Понятие «Информационное пространство» имеет уже значительную историю и применяется очень широко, в том числе, как бытовое и метафорическое. Однако его используют в качестве рабочего инструмента и специалисты: аналитики, проектировщики и разработчики информационных систем. Называются и реализуются разные виды ИП: глобальное, корпоративное, образовательное, индивидуальное и т.д. Тем не менее, общепринятой трактовки и набора свойств, единого состава требований к ИП не существует, а нормативные документы лишь увеличивают степень хаоса. Критичность ситуации особенно велика, когда разные ИП должны пересекаться и/или использоваться совместно, что требует согласованности многих их свойств и наличия общих типов требований к ИП как к системам. В качестве примеров ИП будем рассматривать т.н. информационно-образовательные пространства (ИОП) и информационное пространство электронного правительства / государства (ИПЭП).

Отметим, что понятию «Информационное пространство» придается особая важность. Предприятиям рекомендуют, а государственные организации обязывают создавать «единые ИП», в мало-мальски сложных случаях говорят об интегрированных ИП, педагоги, психологи и правозащитники требуют охранять индивидуальные ИП, и т.д. Однако произвол и разноречивость в создании того, что называют ИП, не позволяют говорить ни о единстве, ни об интегрированности. Более того, характеристики многих подобных «пространств» заставляют говорить об отсутствии и многих других параметров и показателей использования, которые надо бы полагать целевыми, вплоть до результативной работоспособности. Известным и показательным примером являются многолетние попытки создания того, что можно было бы принять в качестве единого ИПЭП. Это относится как к «верхней» части этого ИП – к «Единому portalу государственных услуг», так и к промежуточной части его системной архитектуры, известной как «Система межведомственного взаимодействия», СМЭВ. Число переделок этих систем, качество их работы и частные причины неудач неоднократно разбирались и оценивались многими экспертами.

Причины ситуации

Если абстрагироваться от частных недостатков, то можно увидеть, что одной из фундаментальных причин такого положения являются попытки перенести правила разработки локальных и корпоративных ИС на системы качественно иного характера и порядка, какими являются ИП, всерьез претендующие на название «пространство». Отметим, что проявление подобного качественного перехода по сути было зафиксировано около 25 лет назад в комплексе стандартов ГОСТ 34, где было указано, что стандарты этого комплекса не распространяются на автоматизированные системы масштаба государства. В современных

стандартах инжиниринга систем ISO/IEC 15288 и ISO/IEC 12207 таких ограничивающих указаний нет, но объективное существование указанного качественного перехода от этого не исчезло.

Стоит обратить внимание на распространенный способ проектирования большинства систем, претендующих на роль ИП. Часть требований к целевым свойствам ИП определяется в ходе обследования конкретной организации (включая ее клиентов), когда есть возможность ее выделить. Такой организацией может быть, например, университет или орган государственного управления. Остальные свойства и требования к системе домысливаются, частично – заимствованием примеров «лучшей практики» (независимо от того, подходят они или нет к данному случаю), частично – изобретением локальных решений. Подобный подход может быть удачен, но происходит это преимущественно в случаях автоматизации именно одной организации. В тех же случаях, когда предлагается создать ИП существенно большего охвата, то есть принципиально выходящие за рамки одной организации или малого и фиксированного их числа, проявляются многие недостатки такого подхода:

- изначальное отсутствие в архитектуре ИП многих свойств и компонентов, которые надо относить к базовым,
- несовпадение в требованиях и даже в типах требований разных локальных или более широких ИП, которым предстоит взаимодействовать в ходе функционирования,
- отсутствие совместимости даже при попытках использования общих стандартов на инфраструктурные ИКТ-механизмы, поскольку таковые не дают содержательной совместимости релевантных ИП для решения задач конкретной тематической области.

Это приводит, как минимум, к повышенным затратам на доработки ИП для последующего включения базовых свойств (когда обнаруживается, что без них ИП как система «не работает»), в частности, для обеспечения совместимости разных ИП. Часто уже после окончания разработки обнаруживается, что для совместимости недостаточно применять одну версию стандартов TCP/IP и HTML, и даже UDDI и WSDL, т.к. недостатки в создании систем уровня ИП коренятся в области информационного проектирования, причем начиная с его самых верхних концептуальных уровней.

Стоит отметить и то, что существующая практика обучения специалистов в сфере ИКТ ориентирует большинство из них на инженерно-технологический подход к задачам. В частности, в России результатом является значительное число способных программистов, в том числе, работающих за рубежом, при непропорционально малом количестве созданных и устойчиво развиваемых ими продуктов и систем рассматриваемого масштаба.

Однако называть одно или два упущения – неверно, так как коренной

недостаток находится в самом подходе к пониманию ИП как проектируемого объекта. В силу этого и стал необходим иной подход к пониманию и к созданию систем, реализующих свойство быть информационным пространством.

Основы подхода к проектированию систем класса «информационное пространство»

Предлагаемый подход состоит в определении таких базовых требований к ИП как к системе, которые основаны на устойчивом, естественном и общем для разных ИП фундаменте. Поскольку большинство критических случаев относится к созданию ИП, существенно выходящих за рамки одной организации или даже обозримого объединения организаций, подход в первую очередь основан на том, что определяется более широкий и более фундаментальный контекст определения базовых свойств и требований к ИП. Анализ показал, что этот контекст задают в первую очередь такие высокоуровневые понятия, как «среда обитания человека», «информационная среда обитания», «предприятие», «архитектура предприятия».

Для большей конкретности примером целевого вида ИП в данной работе служит т.н. информационно-образовательное пространство (ИОП), реализацией которого для себя занимается сейчас практически каждое образовательное учреждение (ОУ), будь то университет или школа. Для определения базовых требований к ИОП в контексте рассмотрены также понятия «образовательная среда» (ОС), «информационно-образовательная среда» и некоторые другие. Свойства последних разбирались, в частности, в [1, 2, 3].

На рис. 1 показана диаграмма онтологической модели высокоуровневых понятий, предложенная для определения требований к информационным пространствам вообще и, в частности, к ИП в образовании. Для анализа возможностей привязки онтологии к практике ОУ в диаграмму включены сущности, отражающие нормативное понимание терминов «информационно-образовательная среда» и «электронный образовательный ресурс». Заданный контекст позволил определить базовые требования к ИП методом естественного наследования свойств более общих понятий или понятий, задающих агрегированные сущности, которые объемлют целевые ИП и ИОП. В первую очередь, это среда обитания, предприятие, образовательная среда. Базовые требования к ИП определяются при этом как индуцируемые понятиями, старшими в плоскостях обобщения и агрегации.

Помимо адекватности масштаба, объективности и большей стабильности преимуществом подхода является формируемое в нём более полное понимание фундаментальных истоков требований к свойствам ИП. В примере с ИОП это понимание состоит, в частности, в том, что многие базовые требования к ИОП возникают **вне прямой связи с образовательной деятельностью**, а, например, лишь по причине связи

ИОП с реально широкой средой обитания обучающихся.

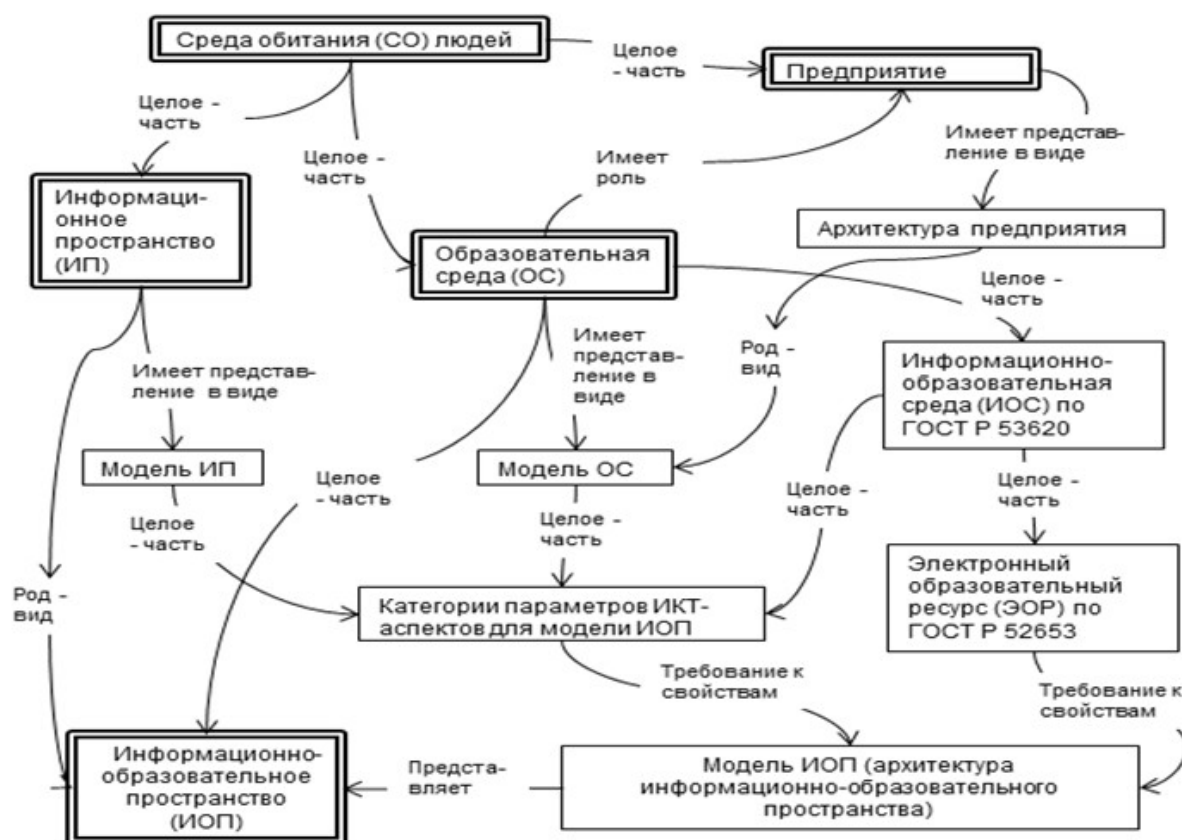


Рис. 1. Онтология высокоуровневых понятий и сущностей для определения требований к информационным пространствам в образовании (верхний уровень, Upper Ontology)

Такое понимание обосновывает включение многих базовых свойств ИОП в его архитектуру еще **до погружения** в анализ специфики конкретных образовательных процессов, дает проектировщикам большие основания для управления требованиями к ИОП, например, для включения конкретных требований в первую или вторую очередь реализации.

Для определения требований к такому частному виду ИП, как ИОП, разработана онтологическая модель информационных пространств, см. рис. 2.

Генезис базовых типов требований к ИОП опирается на семантику связей, показанных на рис. 1 и рис. 2. Примером является утверждение о том, что «образовательная среда университета» и «индивидуальное информационно-образовательное пространство студента X» являются частями или частными разновидностями полной среды обитания студента X. Благодаря этому у этих сред и пространств объективно определяются общие свойства.

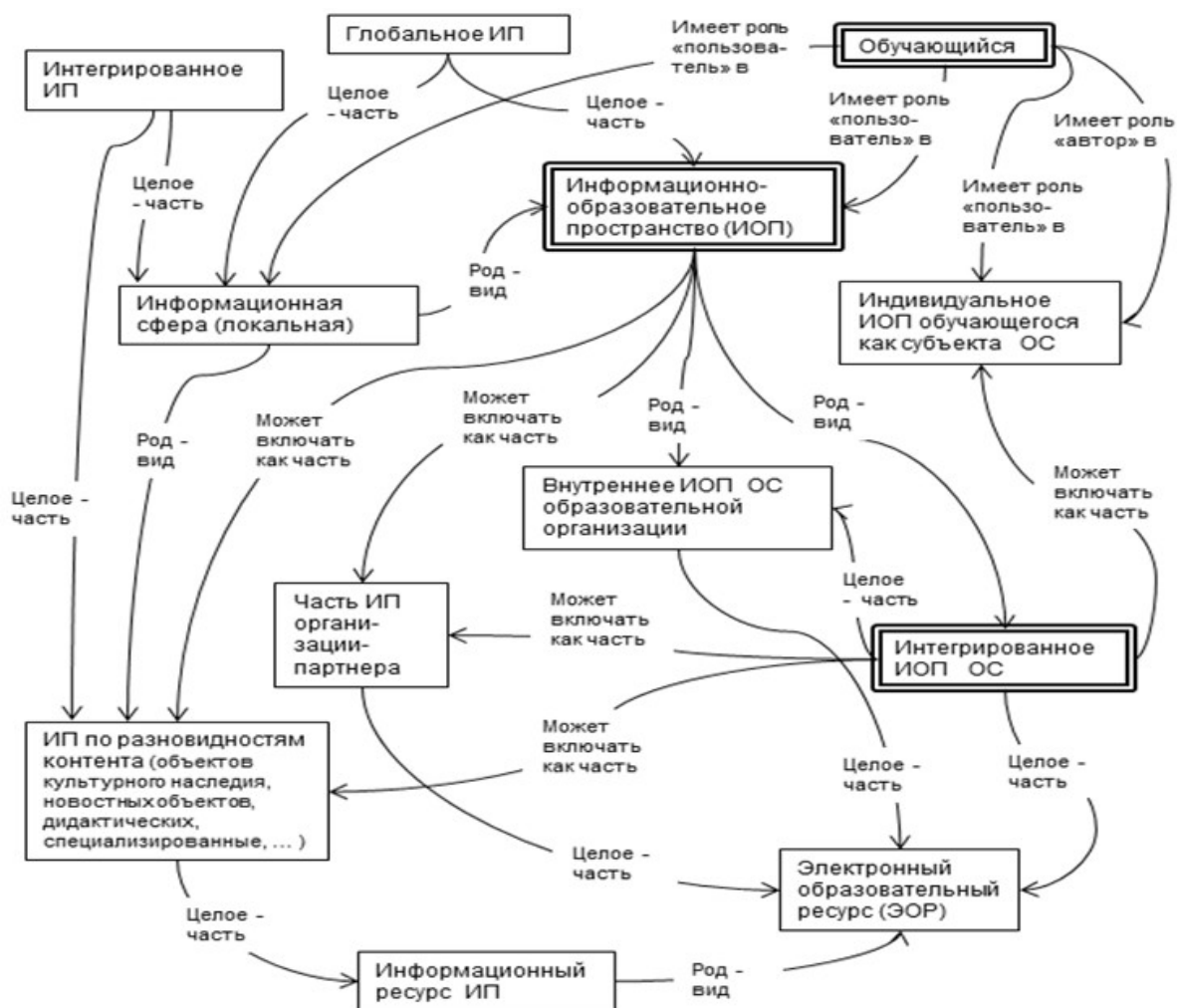


Рис. 2. Онтологическая модель для информационных пространств

При этом, для индуцирования требований к ИП и, в частности, к ИОП с учетом приведенных онтологий применяется общий методологический прием:

- в плоскости обобщения связь «род – вид» традиционно означает наследование видовым понятием всех свойств родового понятия.
- в плоскости агрегации «понятие-часть» наследует не все свойства «понятия-целого», причем определение свойств «понятия-целого», наследуемых «понятием-частью», принимается на основе экспертных решений.

Метод определения упомянутого экспертного решения не разбирается, так как в рамках публикации нет возможности анализировать структуры агрегированных сущностей и свойства их компонентов, влияющие на такое решение.

Свойства среды обитания, учитываемые в требованиях к ИП

Прежде чем показать категории и типы требований к ИП, наследуемые от понятий «среда обитания», «образовательная среда» или «предприятие» необходимо вычленять те характеристические свойства этих понятий, которые учитываются как специфические для ИП. Приведем

описание таких свойств, принятых в данном подходе, для понятия «**Среда обитания человека**» (СО).

СО – корневое содержательное понятие подхода. Оно определяет и такие агрегированные сущности, которые могут включать сущности, обозначаемые всеми остальными рассматриваемыми понятиями. Для наших целей важно, что для СО человека характерны следующие свойства:

- конечность, то есть наличие границ того или иного рода;
- наличие центрального субъекта;
- интегральность, то есть объединение сред нескольких типов, возможность включения других субъектов, а также объектов другой природы;
- масштабируемость;
- изменяемость под воздействием разных факторов, в том числе, под целенаправленным воздействием разных субъектов СО.

При этом:

- СО человека определяется [4] как совокупность всех объектов, явлений и процессов, внешних по отношению к человеку, с которыми он находится в прямых или косвенных взаимоотношениях, и как синоним окружающей среды. Под взаимоотношениями понимаются все возможные виды прямых и косвенных двусторонних воздействий;
- обязательность наличия центрального субъекта обосновано в [5] для любой среды обитания и, особенно, применительно к СО человека;
- выделяется СО индивида, сообщества людей, человека как родового понятия (т. е. людей в целом). Сообществом людей здесь может быть любое описанное подмножество людей, выделенное по определенным правилам. Так, для университета – это его студенты, для случая городской СО – жители города;
- границы СО задает определенность центрального субъекта – через границы совокупности объектов, прямо или косвенно связанной с ним;
- другой тип границ задает тематика или иное общее свойство (набор свойств) объектов среды;
- в определениях СО человека указывается на присутствие в СО нескольких разнотипных сред обитания, в число которых входят [6], в частности, «Природная экологическая среда», «Социальная среда», «Информационная среда». Типы сред обитания рассматриваются и на более детальном уровне [4], например, «Культурная среда», «Производственная среда», «Социально-психологическая среда», и др. Интегральность всей СО проявляется в том, что центральный субъект имеет дело не с объектами одного по тематике типа, а с комплексом взаимодействий и объектов разных типов. Поэтому СО не просто объединяет, но интегрирует разные типы сред;

- СО может иметь различный масштаб как степень охвата – субъектов и / или типов частных сред. Кроме того, СО может менять свой масштаб во времени. Например, примером может быть объединение информационных сред обитания сотрудников и студентов университета в одной СО. Поэтому в общем случае базовым свойством СО является свойство, называемое здесь масштабированием;
- СО практически никогда не является неизменной. Изменчивость СО требует учета в свойствах ИП сама по себе, но надо особо выделять целенаправленные изменения СО со стороны как центрального субъекта, так и других субъектов/акторов среды. Эта целенаправленность по определению может привести в СО свойства понятия «предприятие».

Учитываются тенденции развития СО разных видов. В их число входят:

- рост степени глобализации СО по масштабу распространения;
- создание индивидуализированных СО и их взаимодействие с объемлющими СО;
- взаимопроникновение и интеграция всё большего числа различных типов СО (культурного, природного, информационного) в комплексной СО.

Указанные выше свойства и зависимости, а также наследование в ИОП свойств обобщенного ИП, определяют включение в базовые типы требований к ИП и ИОП, указанные в Таблицах 1 и 2. Более полно представлена первая из указанных категорий требований, представленная в первом столбце таблиц-требований как «Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ». Производные от них требования к ИКТ даны в следующих двух столбцах в краткой форме или частично опущены. Основным принципом при определении этих производных требований является принцип множественности альтернативных ИКТ-решений для удовлетворения потребностей и реализации требований основной деятельности.

Таблица 1. Базовые требования к ИП как к части Среды обитания центрального субъекта на примере наследования свойств ИОП от комплексной СО и образовательной среды (ОС)

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные организационно-технологические требования к ИОП	Перспективные организационно-технологические требования к ИОП
1	2	3
Определение центрального субъекта ИОП	Управление доступом к ИОП со стороны разных индивидов, находящихся и не	Роботы и программные агенты в составе центрального субъекта (с учетом новой парадигмы)

	находящихся в составе его коллективного субъекта	инжиниринга предприятий)
Определение тематических и культурологических границ ИОП	Планирование вариантов лингвистического обеспечения	Отражение организационной культуры, возможно включая мультикультурность
Масштабирование по центральному субъекту (индивид, сообщество, человек обобщенно)	Открытая архитектура Технологическое масштабирование Индивидуализация интерфейсов	Гармонизация информации ИОП и онтологий разных представлений индивидов и групп в составе его коллективного субъекта
Масштабирование по охвату тематики	Интеграция данных разных тематических областей и источников	Семантическая интеграция разнородных информационных объектов
Возможность динамических изменений ИОП действиями внутренних и внешних агентов	Динамическое расширение состава источников данных в ИОП	Динамическая семантическая интеграция разнородных информационных объектов

Существенно, что указанные в этой и следующей таблицах типы требований рассматриваются как обобщенные требования к любому варианту ИОП или ИП в тех естественных случаях, когда ИП может / должно обеспечивать доступ к информации других пространств, предприятий и сред обитания, а также позволять решать сложные задачи поиска информации необходимого и достаточного содержания и ее предоставления в форме, адекватной потребностям пользователя. В частности, при проектировании ИОП важно, что они не зависят от частных особенностей того или иного ОУ.

Свойства ИП, учитываемые в требованиях к ИОП

Приведем два свойства, отличающие ИП от СО или информационной среды обитания, принципиальные для целей проектирования частных видов ИП:

- необязательность наличия в ИП центрального субъекта уровня индивида или сообщества. Благодаря этому существуют такие открытые пространства, как мировое пространство СМИ, библиотечное, архивное и музейное информационные пространства, и т.д.;
- слово «пространство» в названии ИП используется как термин, в строгой трактовке. При этом элементарные объекты пространства и отношения между ними организованы правилами, позволяющими различать места расположения объектов и расстояния между ними, определять траектории и производить целенаправленное движение, отображать ИП в виде своего рода карт. Отметим, что такая трактовка

выбрана как необходимая всеми участниками проекта указанного выше гранта РФФИ.

Применительно к ИОП или ИПЭП эти отличия задают приведенные в Таблице 2 требования к ИОП.

Таблица 2. Базовые требования к характеристикам ИОП как к разновидности информационного пространства

Требования к ИОП, прямо не связанные с ИКТ	Начальные организационно-технологические требования к ИОП	Перспективные организационно-технологические требования к ИОП
1	2	3
Для некоторых ИОП – отсутствие выделенного центрального субъекта	Открытость архитектуры Изначальное требование возможности глобального масштабирования	Предоставление выбора языка общения и других вариантов интерфейса субъекту-пользователю
Множественность групп акторов-пользователей с разными свойствами (способами восприятия информации, местами пребывания, и др.)	Разные эргономические требования и требования юзабилити для разных групп акторов	Индивидуализация интерфейсов пользователей и их программных агентов Сервисы, ориентированные на семантику услуги
Систематическое введение порядка в разных измерениях ИОП	Управление степенью совпадения запросов и найденных ответов (Другие требования сильно зависят от тематической области)	Определение степени семантической близости объектов и расстояния между информационными объектами разных типов
Взаимодействие ИОП с социальным информационным пространством (социально-психологическим, социально-экономическим) всей образовательной среды	Соответствие законодательству Информационная безопасность Определенность экономической модели	Поддержка обратных связей с пользователями ИОП Анализ и учет влияния обратных связей
Возможность объединения разных информационных сфер или «локальных» ИП, включаемых в ИОП	Открытость архитектуры Инфраструктурные свойства ИОП Интеграция данных	Интеграция разных концептуальных схем в общую схему Семантическая интеграция неоднородных информационных сфер и объектов

Свойства ИОП, обеспечиваемые этими требованиями, позволяют:

- проектировать ИОП открытых образовательных сред, пользоваться

которыми может любой индивид без регистрации или иного формального закрепления себя в этой ОС;

- предоставлять возможности использования ряда государственных услуг любым посетителям, например, гражданам других стран, рассматривающим условия для туристов или иных гостей страны;
- конструировать подпространства ИОП и их модели, позволяющие решать многие практически важные задачи, опирающиеся на результаты сравнения разных объектов или их параметров. В частности, в число задач, которые должно и может поддерживать ИОП, входит фиксация целей образования, определение индивидуальных образовательных траекторий, определение и использование очередности изучения академических дисциплин и отдельных образовательных модулей, сравнение компетенций и планирование последовательного движения от начальных уровней компетенции к более высоким ([7, 8]).

Используется итерационный процесс синтеза требований к ИП и к видовым понятиям, например, ИОП. В итерациях учитываются характеристические свойства разных смежных понятий из показанных онтологий. Так, синтез требований к ИОП учитывает как базовые требования к ИП, так и основные, но самые общие свойства понятия «образовательная среда», определенные, в частности, в [1, 2, 3].

В связи с ограничениями объема публикации, свойства предприятия, в роли которого выступает практически каждая активная образовательная среда (ОС), как и свойства обобщенной ОС, учитываемые в требованиях к ИП типа ИОП, не включены в данную публикацию. Однако они задают существенную и по значению и по объему конкретизацию указанных выше рамочных требований к ИП. В значительной степени эти свойства отражены в работах [7, 8].

Заключение

Предложенный подход дает основу для систематического анализа и проектирования ИП как информационных систем такого большого масштаба, который полностью или частично выводит их за рамки методов, исторически разработанных для систем масштаба предприятий или их объединений.

Высокоуровневые онтологические модели позволили зафиксировать смысловые связи целевого понятия «Информационное пространство» и его разновидностей со смежными высокоуровневыми понятиями в плоскостях обобщения и агрегации и, тем самым, определить правила наследования фундаментальных, базовых требований к системам класса ИП.

Система типов требований к ИП и такой его разновидности, как интегрированное информационно-образовательное пространство, создает основу для введения устойчивой рамочной схемы («фреймвока») проектирования пересекающихся и кооперирующихся информационных

пространств разных масштабов и уровней интегрированности.

Определенные в данной работе требования к ИП включают требования трех категорий: требования, не связанные прямо с ИКТ (непосредственно отражающие потребности «бизнеса») и организационно-технологические требования двух групп: первой очереди реализации и перспективные, предполагающие, в частности, достижение новых уровней семантической интеграции информационных объектов в интересах обитателей и пользователей этих пространств.

Литература

1. Веряев А.А., Шалаев И.К. От образовательных сред к образовательному пространству: понятие, формирование, свойства // Педагог. 1998
2. Осмоловская И.М. ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ.
3. http://pedagog.vlsu.ru/fileadmin/Dep_pedagogical/konf_lerner/Osmolovskaya_I.M..pdf
4. Зиндер Е.З., Юнатова И.Г. Перспективные архитектуры комплексных образовательных сред. Доклад на V Международной конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". // Москва, 8-10 ноября 2010 г. СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ТРУДОВ под редакцией В.А. Сухомлина. Изд-во МГУ, Москва, 2011, стр. 25-72.
5. Экология человека. Понятийно-терминологический словарь. — Ростов-на-Дону. Б.Б. Прохоров. 2005. http://human_ecology.academic.ru/Среда_окружающая.
6. М.В. Рац. Экология Природы или экология Человека? // ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ И СОВРЕМЕННОСТЬ, № 3, 1999, стр. 150-160.
7. Экологический портал. <http://www.ecology-portal.ru/publ/11-1-0-702>
8. Зиндер Е.З., Тельнов Ю.Ф., Юнатова И.Г. "Методика построения модели компетенций на основе профессиональных стандартов в области ИКТ для создания программ дополнительного профессионального образования" // «Вестник УМО», № 6(2), 2011, стр. 112-118.
9. Zinder, E., Yunatova, I. (2013). Conceptual Framework, Models, and Methods of Knowledge Acquisition and Management for Competency Management in Various Areas. In P. Klinov and D. Mouromtsev (Eds.). KESW 2013, CCIS 394, (228–241). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Лугачев М.И.

МГУ им. М.В.Ломоносова, д.э.н., профессор, зав. кафедрой экономической информатики
экономического факультета, mil@econ.msu.ru

Экономическая информатика в университетском образовании России

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информатика, экономическая информатика, прикладная информатика, бизнес-информатика, ИТ-образование.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена описанию эволюции дисциплины «Экономическая информатика» в университетах России. Обсуждаются основные источники становления экономической информатики: создание вычислительных машин, становление вычислительной математики и математической экономики. Показана принципиальная интегрирующая роль академиков Л.В.Канторовича и А.Н.Тихонова в создании фундаментальных основ ИТ-образования в России. Отмечается неоднозначность последствий перехода отечественной вычислительной техники на единую серию ЭВМ «Ряд», создававшейся на базе IBM-360 с точки зрения экономических и технических результатов проведенной трансформации. Особое внимание в работе уделено подготовке ИТ-специалистов в рамках стандартов «Прикладная информатика», «Бизнес-информатика» и показана недостаточность этой подготовки для решения современных задач экономики информационных систем, которая является предметом экономической информатики. Именно классическая университетская ИТ-подготовка экономистов лежит в основе логики изложения материала этой статьи.

Мы попробуем представить картину развития экономической информатики в России, рассматривая динамику университетских структур, обеспечивающих широкую подготовку специалистов в области информатики вообще. Экономическую информатику создавали два тесно связанных потока знаний, сформировавшихся в недрах математики и экономики. Появившиеся в ответ на потребности науки и оборонных ведомств вычислительные машины, очевидно имели огромный потенциал их использования и в традиционных (невоенных) отраслях науки и народного хозяйства. Для реализации этого потенциала нужны были специалисты нового типа, способные эффективно использовать и развивать появляющиеся вычислительные возможности. Готовить таких

специалистов были способны только новые институты и факультеты, учебные планы которых соединяли бы компетентности математиков, физиков, экономистов, специалистов в области программирования - сформировавшие фундаментальные основы для развития информационных технологий. Забегая вперед, можно отметить, что такие институты и факультеты были созданы и успешно решают поставленные задачи по подготовке специалистов в области ИТ и ИС. Дело здесь лишь в том, что экономисты в этой деятельности пока не проявили себя в достаточной степени.

Начало компьютерной эры в СССР. Математика, технология и экономика.

Как известно, работы по созданию первой в СССР ЭВМ — малой электронной счетной машины (МЭСМ) — были начаты в Киеве коллективом под руководством С. А. Лебедева в 1948 году. МЭСМ была сдана в эксплуатацию в декабре 1951 года.

4 декабря 1948 г. Государственный комитет Совета министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство зарегистрировал за № 10475 изобретение И. С. Брука и Б. И. Рамеева «Автоматическая цифровая электронная машина». Это изобретение было воплощено в жизнь в Энергетическом институте АН СССР в Москве, в лаборатории, руководимой И. С. Бруком в виде вычислительной машины М-1. В январе 1952 году М-1 была запущена в опытную эксплуатацию. Одной из первых М-1 решала задачи по ядерным исследованиям группы академика С. Л. Соболева, в институте И. В. Курчатова. Она была изготовлена в единственном экземпляре, однако ее архитектура и многие принципиальные решения были приняты в дальнейшем за основу при разработке серийных машин «Минск», «Раздан» и др.

Но математика жила не только в традиционных научных и инженерных расчетах. В 1923-24 годах В.В.Леонтьев сформулировал задачу построения межотраслевого баланса, требовавшего больших вычислительных мощностей¹⁸. В конце 30-х годов появились работы Л.В.Канторовича, создавшие основу для проникновения математики в экономические расчеты. Была сформулирована знаменитая задача о «фанерном тресте», ставшая основой для формирования оптимизационного подхода в экономическом планировании. В 1937 г. Л.В.Канторович по просьбе инженеров местного фанерного треста решил задачу нахождения наилучшего способа обработки 5 видов материала на 8 станках с определенной производительностью каждого из них по каждому виду материала [1]. В простой с виду задаче Л.В. Канторович увидел и впервые сформулировал задачу линейного программирования и предложил способ ее решения, значительно сокращавший перебор при поиске оптимальных решений и предполагавший необходимое применение

¹⁸ В 1973 году за разработку метода «Затраты – выпуск» построения межотраслевого баланса В.В.Леонтьеву была присвоена Нобелевская премия по экономике.

вычислительной техники.¹⁹

Важным этапом творчества Л.В. Канторовича стала опубликованная в "Успехах математических наук" в 1948 году его большая статья "Функциональный анализ и прикладная математика"[2], а затем – в 1956 году «Функциональный анализ и вычислительная математика» [3], которые сделали функциональный анализ естественным языком вычислительной математики. По выражению академика С.Л. Соболева, уже через несколько лет представить вычислительную математику без функционального анализа было, так же невозможно, как и без вычислительных машин.

Эти идеи единства функционального анализа и вычислительной математики, а также связи с экономикой последовательно воплощались Л.В. Канторовичем в жизнь: при организации в 1948 г. подготовки специалистов по "вычислительной математике" на математико-механическом факультете ЛГУ и позднее - в 1958 году – при создании специальности "экономическая кибернетика" на экономическом факультете ЛГУ. В 1959 г. Л.В.Канторович стал одним из организаторов (и преподавателей) знаменитого "шестого курса" экономического факультета ЛГУ. На "шестой курс" были зачислены и выпускники обычного пятого курса и ряд молодых экономистов для углубленного изучения математических методов и ЭВМ. Следует отметить, что некоторые выпускники этого курса оказали заметное влияние на развитие советской и российской экономической науки, в частности - это академики АН СССР: А.Г. Аганбегян, А.И.Анчишкин, Н.Я.Петраков, С.С.Шаталин.

Естественно, что процессы развития подготовки специалистов и в области вычислительной математики и экономико-математических методов не были изолированы. Одновременно аналогичные процессы формирования основы применения вычислительной техники в науке и экономике шли в Москве и МГУ. В 1949 году на механико-математическом факультете МГУ была создана кафедра вычислительной математики, которую в 1952 -1960 годах возглавлял уже цитированный нами выше академик С. Л. Соболев. В то время на кафедре преподавали такие выдающиеся специалисты, как А. А. Ляпунов, М. В. Келдыш, М. Р. Шура-Бура и др.

В 1958 году выдающимся экономистом и статистиком академиком АН СССР В.С.Немчиновым в академии наук была создана лаборатория экономико-математических методов, а в 1962 году - на экономическом факультете МГУ - кафедра "Математических методов анализа экономики" (ММАЭ). В работе новой кафедры активное участие принимали знаменитые выпускники 6 курса Л.В.Канторовича – С.С.Шаталин (заведовал кафедрой в

¹⁹ В 1965 году Л.В.Канторович вместе с В.С. Немчиновым и В.В. Новожиловым получил Ленинскую премию «за научную разработку метода линейного программирования и математических моделей экономики». В 1975 году Л.В.Канторовичу и Т.Купмансу за создание основ линейного программирования была присвоена Нобелевская премия по экономике.

1970 -1983 годах) и Н.Я.Петраков - директор Института проблем рынка РАН (с 1990 по 2014). Сам Л.В.Канторович в течение ряда лет вел на этой кафедре научный семинар в 70-е годы XX века. Необходимость в выпускниках этой кафедры во многом формировалась и созданным в 1963 году на основе одноименной лаборатории Центральным экономико-математическим институтом АН СССР (ЦЭМИ АН СССР), служившим много лет профессиональным питомником для подготовки специалистов кафедрой ММАЭ МГУ. ЦЭМИ АН СССР, конечно, был создан по инициативе и при участии В.С.Немчинова. Первым директором института стал академик Н.П.Федоренко, а в 1985 году его сменил академик В.Л.Макаров – ближайший ученик Л.В.Канторовича.

1950-е и 60-е годы много добавили осознанию необходимости расширения подготовки специалистов в области программного обеспечения не только технологических, но и экономических процессов. Прежде всего, этому способствовали порожденные вычислительной математикой задачи новой науки «Исследование операций», алгоритмы решения задач управления запасами, а также - формулирование научных принципов управления предприятием. Появляется опыт применения первой информационной бизнес-системы Material Resource Planning (MRP), разработанной в 1950-х годах в США, но заработавшей на реальных задачах бизнеса в 1960-х. Даже сомневавшиеся окончательно убедились в огромных возможностях применения в экономике электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Важным этапом развития данного направления в МГУ стала организация под руководством профессора И.С.Березина в 1955 году вычислительного центра, первого на вузовском пространстве СССР. ВЦ МГУ стал базовым для подготовки специалистов на кафедре вычислительной математики. Вычислительный центр создал научно-техническую платформу для существенного расширения контингента подготовки специалистов в области математического обеспечения ЭВМ. На основе кафедры вычислительной математики механико-математического факультета и вычислительного центра (ВЦ МГУ) был организован факультет вычислительной математики и кибернетики (ВМК) МГУ. Создателем нового факультета и первым его деканом стал академик А.Н.Тихонов, научный руководитель ВЦ МГУ и заведующий кафедрой вычислительной математики мехмата. Андрей Николаевич был первым, кто не только осознал потребности науки и народного хозяйства в специалистах нового типа, но и сумел добиться создания в стране системы подготовки кадров в области вычислительной математики и программирования [4]. В феврале 1970 года вышел приказ Минвуза СССР № 114 об утверждении структуры факультета ВМК МГУ. Факультет ВМК МГУ стал первым в списке почти 50 вновь созданных в начале 1970-х подобных факультетов в крупных университетах СССР. Появилась целая отрасль подготовки специалистов в области математического обеспечения ЭВМ,

которая должна была поддержать крупные изменения в советской политике создания и использования вычислительной техники. Речь шла о переходе страны на новые стандарты информационных технологий - введения "Единой Системы" - линии ЭВМ, копировавшей архитектуру американских компьютеров серии IBM-360. Потребность же в таком решении уже сформировалась: она диктовалась разрабатывавшейся под руководством В.М.Глушкова концепцией Общегосударственной Автоматизированной Системы (ОГАС). ОГАС была призвана решить общенациональную проблему учета и контроля для беспрепятственного применения методов социалистического планирования и управления в СССР,

Компьютерная революция по-советски

18 марта 1968 года вышел приказ Министра радиопромышленности СССР № 138 о создании НИЦЭВТ и назначении его головной организацией по разработке Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ) «Ряд». С тех пор не утихают споры и дискуссии о целесообразности решения выпускать машины ЕС путем копирования архитектуры мейнфреймов IBM S/360.

Следует отметить, что до 1968 года создание ЭВМ в СССР достаточно слабо координировалось. Существовали несколько конструкторских бюро в разных точках СССР, которые разрабатывали замечательные ЭВМ второго поколения, работавшие в различной математике и удовлетворявшие собственным технологическим стандартам. Безусловным лидером являлась мощная БЭСМ-6 конструкторского бюро С.А.Лебедева, использовавшего 6-битное слово. В народном хозяйстве популярными были ЭВМ Минск с 7-битным байтом (только ЭВМ Минск-32 конструктора В.В.Пржиялковского в итоге было выпущено около 3000 штук). Очень прогрессивным было выпускавшееся в Пензе семейство машин серии «Урал», разработки Б.И.Рамеева. Свои преимущества имели украинская «Мир», ереванская «Наири», вильнюсская «Рута-110», московская «Сетунь». (Отметим, что уникальная ЭВМ «Сетунь», использовавшая троичную систему счисления, была разработана в МГУ под руководством Н.П.Брусенцова). Не надо добавлять, что каждое семейство обеспечивалось собственной периферией и оригинальным матобеспечением. Это талантливое и интересное многообразие ЭВМ могло решать локальные задачи различной природы, но создать с их помощью национальную инфраструктуру для организации информационных процессов – было невозможно. Таким образом, весьма актуально звучал вопрос о перспективах развития отечественного электронно-вычислительного машиностроения. В 1966 году в народнохозяйственном плане упоминается, что новые ЭВМ третьего поколения должны быть построены на «единой структурной и микроэлектронной технологической базе и совместимых системах программирования для вычислительных центров и автоматизированных систем обработки информации».

В официальном отчете ИТМиВТ, в середине 1966-го ясного ответа, как

же строить «Ряд», С.А.Лебедев не дал. Однако вместе с академиком В. М. Глушковым выразил мнение, что копирование ЭВМ третьего поколения IBM S/360 означало бы отставание от мировых стандартов на несколько лет, поскольку серия S/360 начала выпускаться еще в 1964 году. Знали бы эти выдающиеся ученые, насколько оптимистичной была их оценка.

В существовавшем в СССР многообразии - ЭВМ семейства «Урал» были наиболее близки к требованиям третьего поколения. Башир Искандерович Рамеев сформулировал и реализовал идею семейства ЭВМ на принципе программной и конструктивной совместимости независимо и раньше IBM серии S/360. Однако при выработке решения Государственной комиссии министерства радиопромышленности СССР 1968 года отечественный вариант вообще не рассматривался. В обсуждении участвовали только американская IBM и британская ICL. Сделанный комиссией выбор до сих пор не оставляет равнодушным специалистов в области вычислительной техники. Спор о том, было ли это решение стратегической ошибкой и кто в этом виноват продолжается. Протоколы заседаний госкомиссий фиксируют возражения отечественных разработчиков Лебедева, Рамеева, Глушкова, других – но твердая позиция президента АН СССР М.В.Келдыша и министра радиопромышленности СССР В.Д.Калмыкова решили вопрос в пользу копирования IBM S/360 [5].

Это было трагическое для советской отрасли ЭВМ решение, разрушившее стратегические ориентиры ее развития. Гигантский интеллектуальный капитал отечественных разработок в виде производившейся и перспективной вычислительной техники, а также – соответствующего программного обеспечения - становился ненужным вместе с его носителем – большим отрядом высококвалифицированных специалистов. Кто-то был способен переучиться, но ориентир был взят на подготовку новых профессионалов. Правда, остался серьезный контингент разработчиков для военных целей, возглавлявшийся учеником С.А.Лебедева - академиком В.С.Бурцевым. Разработанное под руководством В.С.Бурцева компьютерное обеспечение ракетных комплексов С-300 до сих пор успешно решает поставленные задачи. Кроме того, оставленное им научное наследие и сейчас питает идеями разработчиков суперкомпьютерной техники.

Однако с точки зрения экономики можно с уверенностью сказать, что принятые в 1968 году Госкомиссией министерства радиопромышленности СССР решения судьбоносной силы национального масштаба для народного хозяйства страны все-таки не имели. Никакой, даже самый лучший с точки зрения технологий вариант развития отечественного компьютеростроения не смог бы исправить неэффективную социалистическую систему народного хозяйства. Идеалистическое плановое хозяйство было обречено и в том случае, если бы был успешно реализован проект ОГАС, поскольку в этом хозяйстве отсутствовали естественные рыночные механизмы управления экономикой. Элементы планирования могут быть хороши и

полезны, если не претендуют на универсальное применение всегда и везде. Западные экономисты, в частности - Л.фон Мизес [6] еще 1920-е годы доказывали невозможность рационального экономического расчета в системе, где отсутствует частная собственность на ресурсы производства и нет реальных (рыночных) цен (теорема фон Мизеса) [7]. До технологического перевооружения в СССР необходимо было заняться реформированием экономики – созданием условий для появления реальных экономических инструментов саморегулирования. Так что в 1968 году в СССР вполне можно было забыть об IBM, положиться на перспективное семейство ЭВМ «Урал» или оставить все существующие - отрицательных последствий для народного хозяйства могло быть меньше. Вместе с тем, трудно отрицать появившийся значительный прогресс в развитии национальной отрасли программирования, специалисты которого при переходе на международные стандарты приобрели новые возможности организации работы и получили доступ к накопленным мировым библиотекам программ. Подготовка и принятие решений в конкретных областях, в том числе и народного хозяйства - при этом обогатилась доступом к уже сформировавшимся базам отраслевых приложений.

Новая эра подготовки ИТ-специалистов

Итак, единая политика компьютерного обеспечения научных разработок и народного хозяйства СССР требовала адекватной массовой кадровой поддержки. Методические работы по организации всесоюзной подготовки необходимых специалистов фактически возглавил факультет ВМК МГУ, опиравшийся на авторитет и знания высочайших профессионалов АН СССР. «Академическому» обеспечению методики подготовки ИТ-специалистов мог бы позавидовать любой научный центр мира. Нормативную составляющую обеспечивало министерство образования СССР.

Можно отметить, что в мире контроль за созданием методических основ для подготовки ИТ-специалистов традиционно является зоной интереса профессиональных общественных организаций. В США эту роль взяли на себя Ассоциация компьютерной техники (Association for Computing Machinery, ACM) и Компьютерное сообщество Института инженеров по электронике и электротехнике (Computer Society of the IEEE или IEEECS),

которые ведут данную работу, начиная с 60-х гг. прошлого века [8,9]. В 1965 году комитетом по образованию организации ACM был разработан первый проект типовой программы курсов бакалавриата по компьютерным наукам (Computer Science), который после доработки был опубликован в 1968 г. в окончательном виде, получив известность как Curriculum 68. Нормативной составляющей в разработанном документе не было, он имел рекомендательный характер для американских университетов, но де-факто довольно быстро превратился в международный стандарт подготовки ИТ-специалистов «Computing Curriculum (CC)». Под эгидой ACM и IEEE-CS

группа Питера Деннинга в 1989 г. подготовила доклад «Computing as a Discipline». В новой дисциплине «Computing» выделялись две составляющие: «Computer Science» и «Computer Engineering», Это нашло методическое воплощение в дальнейшем в фундаментальном курсе СС2001 [9], получившем свое развитие в версиях СС2005 [10]. Но СС2005 уже содержал принципиально отличие от предыдущих вариантов – в нем явно указывается на необходимость подготовки специалистов для прикладных отраслей. Мировые профессиональные организации AIS (Association of Information Systems) и AITP (Association for Information Technology Professionals) – создают IS2002 [11]. В семье компьютеринга появляется новый полноправный член – информационные системы.

СС2005 «Computing» включает в себя следующие направления:

Вычислительная техника (Computer Engineering – CE),

Компьютерные науки (Computer Science – CS),

Программная инженерия (Software Engineering – SE),

Системы информационных технологий (Information Technology – IT),

Информационные системы (Information Systems – IS).

Российское высшее образование также реагирует на потребности в специалистах для подготовки, развития и эксплуатации приложений в профессиональной вузовской подготовке в 2000 году появляется новый государственный образовательный стандарт специальности 351340 «Прикладная информатика (по областям)» (приказ Минобрнауки России от 14.03.2000).

Документ уточняет: «*Выпускник – информатик (с квалификацией в области) должен иметь специализацию, определяемую областью применения методов информатики и профессионально-ориентированных информационных систем, перечнем изучаемых дисциплин в конкретной области, информационных дисциплин и выпускной квалификационной работой*». При этом определяется и область приложения квалифицированных знаний: «*Информатик (с квалификацией в области) в большей степени имеет дело с профессионально-ориентированной оболочкой (которую он проектирует, создаёт и применяет), состоящей из специальных программных средств, информационного обеспечения и организационных мероприятий поддержки функционирования конкретных процессов в области применения, и в меньшей степени имеет дело с ядром информационной системы (разработкой комплекса вычислительных средств, операционной системы, систем управления базами данных и др.)*».

Чуть позже, в 2003 году открывается еще один стандарт специальности 080500 «Бизнес-информатика» (приказ Минобрнауки РФ от 8.07.2003) для подготовки специалистов область профессиональной деятельности которых «*включает: Проектирование архитектуры предприятия, Стратегическое планирование развития ИС и ИКТ управления предприятием, Организацию процессов жизненного цикла ИС и ИКТ управления предприятием, Аналитическую поддержку процессов*

принятия решений для управления предприятием».

Таким образом, экономика России получает специалистов по «Прикладной информатике» для обеспечения ИТ-поддержки информационных процессов в отраслях: «экономика, юриспруденция, политология, психология, социология, политология, психология, экология, гуманитарно-социальные и других, в которых применяются профессионально-ориентированные информационные системы ...», а также – специалистов по «Бизнес-информатике» для обеспечения информационных процессов внутри предприятий.

Сейчас де-факто мировым методическим стандартом подготовки ИТ-специалистов для прикладных отраслей является учебный план Information Systems 2010 (IS2010) [12,13], созданный всем профессиональным ИТ-миром с использованием Wiki-ресурса. Наиболее полно профессиональная область выпускников этого направления описана в CS2005. Здесь также проводится разграничения целевых областей подготовки специалистов ИС и ИТ: *«Профессионалы этой специальности (Информационные Системы) главным образом имеют дело с информацией, которую компьютер может дать предприятию, чтобы оно могло лучше определить и достичь свои цели, а также – с процессами, которые предприятие внедряет или улучшает с помощью информационных технологий. ... Информационные Системы фокусируются на информационных аспектах информационных технологий. Информационные Технологии являются такого рода компонентом: сферой их интересов являются технологии сами по себе, но не информация, которую они обрабатывают. ИТ-Программы создаются для подготовки выпускников, обладающих правильным сочетанием теоретических знаний и практических навыков, позволяющих управлять информационными технологиями организации, и людьми, которые эти технологии используют».*

Дидактическая роль экономической информатики

Представленное описание учебных планов для национальной подготовки специалистов в области «Прикладная информатика», «Бизнес-информатика» и близкого к ним американского куррикулума «Информационные системы – IS 2010» позволяет ввести в рассмотрение новое направление: «Экономическая информатика», чтобы проанализировать общее и различное и оценить его перспективы.

Во-первых, следует отметить, что «Экономическая информатика» не входит в национальный перечень специальностей профессиональной подготовки и одной из целей настоящего исследования является доказательство целесообразности рассмотрения этого вопроса, быть может – в контексте с другими направлениями, о чем пойдет речь ниже.

Экономическая информатика – это наука об информационных системах, применяющихся в экономике и бизнесе, а также – об экономике этих систем.

В этом определении содержится указание на различие областей

применения: экономическая информатика занимается сопоставлением затрат и выгод от применения информационных систем в традиционной схеме экономического анализа. И «Прикладная информатика», и «Бизнес - информатика» и «IS -2010» ориентированы на подготовку специалистов в области применения информационных технологий для решения задач предметной области. Оценка же эффективности таких решений остается предметом классической экономики. Кроме того, требует экономического описания и изучения информационный продукт, обладающий многими нетривиальными свойствами ценообразования, потребления и развития. Есть традиционные вопросы экономики: производство и распределения информационного продукта. Требует экономической интерпретации закон Мура, согласно которому более производительный информационный продукт обладает меньшей себестоимостью. Рынок информационных продуктов формируется и развивается по своим законам: на нем циркулируют и реальные материальные сущности, но главный двигатель этого рынка – неосызаемый сервис или услуга, обладающие свойством неисчерпаемости и стремящимися к нулю предельными издержками. Здесь из «информационного воздуха» создаются новые отрасли (игровые), «из ничего» возникают гигантские состояния. Наконец, сама информация становится товаром, для описания которого не годятся классические экономические модели: спрос не порождает предложения. Появляются информационные продукты, экономические свойства которых требуют современной интерпретации: неограниченность доступа к облачным сервисам, предоставляемым конечным пользователям бесплатно, рост потребительских свойств информационно-технологических продуктов без повышения их цены. Необычна и структура цены информационного продукта, в которой предельные издержки стремятся к нулю.

В наше время экономика информационных систем выглядит также естественно, как экономика любой отрасли народного хозяйства – например, экономика сельского хозяйства или экономика промышленности. Но рынок информации имеет мало общего с рынком зерна, а для описания рынка информационных продуктов нужны новые исследования.

Вообще, при обсуждении вопросов общего экономической информатики с компьютерингом [10] надо заметить, что прямая связь у этих наук есть только в случае рассмотрения информационных технологий (IT) и информационных систем (IS). При этом, для экономистов в термине «информационные технологии» - на первом месте «информационные», «информация», сервисы, обеспечивающие информационные процессы, а уж потом – «технологии». Как уже отмечалось выше, информационные системы являются объектом изучения экономической информатики и в самом названии характерно наличие определения «информационные», а не «вычислительные» - прямо следующее из базового направления «computing», поскольку современные прикладные задачи, в том числе и

экономического содержания – связаны прежде всего с обработкой и анализом содержательной информации, рассматривая собственно расчеты, как необходимый доступный инструмент.

Говоря об эффективности ИС, можно отметить объективную актуальность появления «Экономической информатики»: сегодня качественно изменилась среда применения информационных систем. По мнению некоторых экспертов практически исчез традиционный консалтинг в области использования ИС, направленный на формулировку целей и задач внедрения и выбор наилучшего варианта ИС для конкретного предприятия. За десятилетия активного вхождения ИС в практику планирования, управления и принятия решений организаций – сформировался достаточно квалифицированный контингент пользователей, способный самостоятельно ответить на исходные вопросы формулировки технического задания. Кроме того, стандартизация в области ИТ обеспечила процессы конвергенции, которые на практике минимизировали последствия ошибки выбора типа ИС. Главным вопросом консалтинга стала проблема эффективности функционирования ИС, ее влияния на процессы добавления стоимости предприятия. Ответить на этот вопрос можно только одним способом: дать подходы к оцениванию затрат и выгод от применения ЭВМ.

Очевидно, что экономической области деятельности для ИТ-специалистов, готовящихся по рассмотренным выше учебным планам и курсам, не предусмотрено. Это не удивительно: сфера деятельности ИТ-специалистов носит характер инженерного, технологического сервиса для бизнеса. Тонкости выявления и оценивания затрат и выгод относятся к области экономики и традиционно не представляют интереса для студентов ИТ-направлений. Тем более, что работа по такому оцениванию не имеет структурированного характера, не может быть сведена к привычному бизнес-процессу или известному алгоритму с фиксированным числом итераций. Это – дело для экономистов.

Каков же итог обучения в области экономической информатики? Что будут знать и уметь выпускники, прошедшие полный цикл подготовки?

Принципиальным в организации ИТ-подготовки экономистов является формулировка двух важных положений [14].

Первое, - это правильное определение «точки входа» ИТ и ИС в конкретную предметную сферу экономики и бизнеса. Для экономики и бизнеса эту роль играет бизнес-процесс и обеспечивающие ИТ-сервисы, для образования – учебный процесс, для здравоохранения – лечебный процесс и т.д. Отличительной чертой главной сущности конкретного приложения является ее процессная природа, массовое распространение в предметной области, повторяемость во времени и пространстве. Спецификация главной сущности – задача специалистов - экономистов. Цель подготовки этих специалистов в области ИТ и ИС состоит в предоставлении им знаний, умений и навыков описания ИТ-сервисов, применяющихся для

автоматизации бизнес-процессов.

Второе положение – это четкое определение целей подготовки будущих специалистов в области ИТ и ИС[15]. На наш взгляд, хорошие знания, умения и навыки в области ИТ и ИС позволяют выпускнику получить конкурентное преимущество на профессиональном рынке. Для классических университетов и современных НИУ представляется естественным сформулировать роль ИТ и ИС, как инструментов повышения эффективности основных бизнес-процессов: научной и образовательной деятельности. Главная цель применения этих инструментов – повышение качества подготовки специалистов и обеспечение высокого управленческого уровня операционной деятельности и конкурентоспособности организации. Достижение университетами высшего профессионального уровня в экономике и бизнесе возможно только путем построения логической цепи подготовки собственных ИТ-специалистов. Элементы или этапы этой цепи известны: бакалавриат – магистратура – аспирантура. Условно можно считать, что каждому этапу соответствует свой уровень ИТ-подготовки. Базовый – для бакалавра, профессиональный – для магистра, исследовательский – для аспиранта. Успех подготовки будет более заметным и для молодых специалистов, и для вуза, и для всей отрасли, если результатом каждого этапа будет специалист именно в конкретной предметной, а не технической области. Для этой цели необходимо создать соответствующую институциональную среду, элементом которой будет национальная система образования с образовательными стандартами и соответствующей специальностью – экономической информатикой.

Подобные предложения были бы справедливы и для других специальностей: историческая информатика, биологическая, медицинская, ... Представляется, что в списке вузовских специальностей они должны быть представлены все. Но по проекту нового приказа Минобрнауки в этом списке значатся лишь бизнес-, био-, гео- и прикладная информатики [16].

Фактически, подготовка таких специалистов идет, она осуществляется зачастую интуитивно, существенно зависит от субъективных факторов. Однако десятилетия широкого использования информационных технологий и систем уже создали достаточный профессиональный задел отраслевых компетенций, есть представления о профессиональных стандартах – все это должно привести к официальному созданию соответствующих предметных специализаций и специальностей высшего образования.

Заключение

В мире и России уже сформировались профессиональные группы, занимающиеся проблемами экономики информационных систем. В современных условиях эти вопросы становятся ключевыми при решении вопросов выбора, внедрения и эксплуатации информационных систем на

предприятиях и в организациях.

В настоящее время не существует системы подготовки специалистов, способных анализировать экономические последствия внедрения информационных систем. Действующая система ИТ-образования решает, в основном, проблему подготовки технических специалистов.

Обеспечение инновационного развития конкретных прикладных отраслей высшего образования требует создания системы подготовки ИТ-специалистов внутри прикладных гуманитарных и социально-экономических отраслей. Для этого необходимо создание специальностей не только по прикладной (технической), но и по предметной информатике.

Литература

1. Канторович Л.В., «Математические методы организации и планирования производства», Л.: Издание Ленинградского государственного университета, 1939. — 67 с.
2. Канторович Л.В. Функциональный анализ и прикладная математика. "Успехи математических наук" 1948
3. Канторович Л.В. Функциональный анализ и вычислительная математика, 1956. <http://en.cs.msu.ru/node/62> - история ВМК до 2000 г.
4. Максон: Две трагедии советской кибернетики. ОКО ПЛАНЕТЫ информационно-аналитический портал.mht, 29-02-2012.
5. Ludwig von Mises. Die Wirtschaftsrechnung im sozialistischen Gemeinwesen", Archiv fuer Sozialwissenschaften und Sozialpolitik, Vol. XLVII, No. 1 (April, 1920).
6. Мизес Л. Человеческая деятельность. Трактат по экономической теории. М., Экономика, 2000.
7. «Эффективность инвестиций в ИТ», М., СоДИТ, 2013, 194с.. ISBN 978-5-4465-0104-5.
8. Сухомлин В.А. Международные образовательные стандарты в области информационных технологий. Прикладная информатика, №1 (37), 2012.
9. Computing Curricula 2001 (CC2001). Computer Science, Final Report, (December 15, 2001). The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery.
10. Computing Curricula 2005 (CC2005). The Overview Report, covering undergraduate degree programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems, Information Technology, Software Engineering. The Association for Computing Machinery (ACM), The Association for Information Systems (AIS), The Computer Society (IEEE-CS), 30 September 2005.
11. J.T. Gorgone, G.B. Davis, J.S. Valacich, H.Topi, D.L. Feinstein, H.E. Longenecker, Jr. IS 2002, Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS), Association of Information Technology Professionals AITP.
12. H.Topi, J.S.Valacich, R.T.Wright, K.M.Kaiser, J.F.Nunamaker, Jr, J.C.Sipior, G.J. de Vreede. IS 2010, Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS).
13. Лугачев М.И., Абрамов В.Г., Скрипкин К.Г., Тихомиров В.В. Методика разработки программ дисциплины «Информатика» для направлений непрофильного образования. Макс Пресс, М., 2006.
14. Лугачев М.И., Скрипкин К.Г., ИТ-компетентности как часть экономического образования. Вестник МГУ. Серия 6, «Экономика», №4, 2009.
15. Проект Приказа Минобрнауки России "Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования" <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/26905.html>

Середенко Е.С.

ОАО «Альфа-Банк», г. Москва, Руководитель направления аналитических технологий
Центра Business Intelligence, negwest@yandex.ru

Анализ экономической эффективности решений класса Big Data в коммерческом банке

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Экономическая эффективность ИТ, Big Data, Большие данные, Data Mining, аналитические информационные системы.

АННОТАЦИЯ

Статья представляет собой описание практикума (workshop) по использованию методики оценки аналитических информационных систем применительно к решениям на основе технологий Big Data в частном коммерческом банке. В работе рассматриваются особенности решений класса Big Data и выстраивается методическая основа для проведения оценки целесообразности инвестиций в такие технологии.

Современные коммерческие предприятия всё активнее внедряют в свою деятельность решения на основе технологий Больших данных (Big Data). При этом класс решений, относимых к технологиям «Больших данных», в настоящее время по-прежнему не чётко определен и меняется в зависимости от контекста. В данной статье под основными признаками решений класса Big Data понимаются:

- необходимость обработки большого объема данных в сравнении с обычным для данной организации массивом анализируемых данных;
 - слабая структурированность обрабатываемых данных и изменчивость структуры хранения во времени (в частности, хранение информации в отдельных файлах doc, html, xml и т.п.);
 - использование внешних источников, данных (сторонних баз данных, данных интернет-ресурсов, и т.п.);
 - применение специфических технологий хранения и обработки данных (таких как Apache Hadoop, In-memory базы данных) и технологий быстрого анализа данных (например, систем Data Mining).
- Современные предприятия имеют множество вариантов заработка на технологиях Больших данных. Наиболее характерными из них являются:
1. Оптимизация собственной деятельности, повышения качества своих продуктов и услуг (например, более качественная работа с рисками, более точные целевые маркетинговые кампании и т.п.);
 2. Продажа собранных данных или результатов их обработки

(например, продажа аналитических отчетов или досье, собранных из открытых источников и т.п.);

3. Продажа экспертизы (консалтинга) по аналитической обработке больших данных;
4. Передача инфраструктуры (программных и аппаратных технологий хранения и обработки данных).

На практике часто встречаются комбинированные варианты: например, некоторые компании продают свою экспертизу по анализу данных заказчика, при этом обладая большим собственным массивом собранных данных.

В данной статье будут рассматриваться только решения первого класса, т.е. решения, направленные на анализ и повышение эффективности процессов предприятия. Остальные виды коммерциализации технологий Big Data имеют ярко-выраженный экономический эффект, измеряемый обычными инвестиционно-финансовыми методами. При этом экономическая ценность инструментов анализа и повышения эффективности не столь очевидна.

Основной задачей данного практикума является подготовка методической основы для определения целесообразности закупки инструментария Big Data коммерческим банком на горизонте планирования 5 лет (в этот период должна быть достигнута точка окупаемости). Эффективными признаются инвестиции с годовой отдачей не ниже целевого значения отдачи на акционерный капитал, принятого в данной организации. При решении задачи допускается делать разумные допущения о будущей структуре процессов при использовании банком новых технологий. Предполагается, что инструментарий Big Data обеспечит в своём контуре полный набор инфраструктуры, необходимой как для первоначальной исследовательской работы по аналитическим задачам, так и для внедрения результатов в эксплуатацию в виде компьютерных моделей и аппаратного обеспечения.

Ключевой проблемой оценки эффективности ИТ на предприятии является невозможность однозначного связывания результатов применения ИТ и роста производительности фирмы[1]. Можно выделить следующие три вида ценности информационной системы для бизнеса предприятия:

1. Информационная система как неотъемлемая часть конечного продукта (например, операционная система смартфона);
2. Информационная система как инструмент автоматизации и снижения издержек операционной деятельности;
3. Информационная система как инструмент, обеспечивающий информационную поддержку процессов принятия решений.

В данном практикуме делается допущение о том, что в коммерческом банке ценность решений класса Big Data лежит в области аналитического обеспечения бизнес-процессов предприятия, т.е. относится к третьему виду

ценности. Такое допущение позволяет использовать для оценки результативности решений Big Data методику оценки экономической эффективности аналитических информационных систем (далее - методика ЭАИС), представленную в [2].

Методика ЭАИС верхнеуровнево предполагает следующую последовательность сбора информации и вычисления показателя эффективности:

1. Оценка затрат C на аналитическую систему по методике Совокупной стоимости владения. В целом расходы на информационную систему чётко прослеживаются в финансовом учёте предприятия на основе, например, модели совокупной стоимости владения (Total Cost of Ownership, TCO), построенной Gartner Group при условии незначительного изменения структуры бизнес-процессов.
2. Оценка прибыльности W совокупности бизнес-процессов, в которых используется информационная система за рассматриваемый период. В модели ЭАИС экономический результат W - это значение предпринимательской прибыли бизнеса предприятия, представленное денежной величиной, приведенной к выбранному моменту времени.
3. Вычисление вклада d_i каждого процесса принятия решений в прибыль ($\sum_i d_i = 1$).
4. Вычисление вклада s_i исследуемой аналитической системы в каждый процесс принятия решений ($\forall i: 0 \leq s_i < 1$).
5. Вычисление показателя фактической экономической эффективности информационной системы $E = \sum_i s_i d_i \frac{W}{C}$.

Иными словами, экономическая эффективность рассматриваемой системы вычисляется как доля в прибыли бизнеса на единицу затрат, причем эта доля пропорциональна общей вовлеченности аналитической системы в процессы принятия решений и её «незаменимости» для принятия конкретных решений. Методика допускает незначительные модификации под специфику конкретной задачи инвестиционной оценки (например, в качестве знаменателя иногда выгодно использовать не все затраты на ИТ, а только капитальные инвестиции или наоборот только постоянные операционные затраты).

Представленная методика предназначена для оценки отдельной аналитической системы, основная часть используемых данных представляет собой финансовые показатели, модель учитывает действие неосязаемых выгод на экономический результат, используемые инструменты не требуют экспертной оценки.

Для оценки эффективности аналитической системы необходимо провести анализ бизнес-процессов, в которых есть элементы процессов

принятия управленческих решений и участвует анализируемая система. Данный практикум основывается на допущении, что работа с системами Big Data в исследуемом коммерческом банке будет выстроена на основе стандартной методологии организации проектов в области Data Mining CRISP-DM (рис. 1).

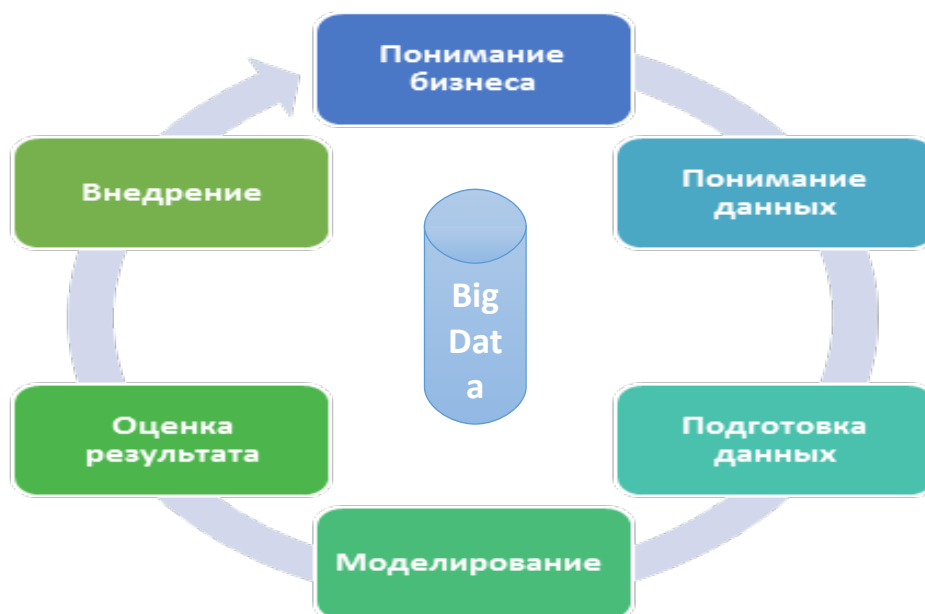


Рис.1. Схема модели CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining)[3]

Методология CRISP-DM предполагает, что процессы интеллектуального анализа данных (Data Mining) при построении аналитической модели и её внедрении устроены определенным циклическим образом. Соответствующий бизнес-процесс содержит целый ряд аналитических задач, для решения которых используется инструментарий Big Data. Кроме того, он предполагает наличие методики оценки результата построенной модели, т.е. оценки экономического результата (прибыльности) применения построенной модели на основе понимания бизнеса.

Табл.1. Переменные модели оценки эффективности технологий Big Data

Переменная	Ед.	Описание	Способ вычисления
Years	шт	Целевой период окупаемости инвестиций	Считаются известными
ROE	%	Целевое значение возврата на акционерный капитал	входными параметрами задачи
CapEx	\$	Первоначальные инвестиции в Big Data	
OpEx	\$	Ежегодные затраты на Big Data	30% от CapEx
N	шт	Количество аналитиков (специалистов в области Data Science)	Определяется заказчиком (фиксирует уровень риска при

			неблагоприятно м развитии событий)
Salary	\$	Ежегодные затраты на аналитика (data scientist, зарплата и накладные расходы)	Рыночная величина
Tasks	шт	Количество проектов на аналитика в год	Рыночная объективная величина
Success	%	Доля успешных проектов у аналитика	
Value	\$	Средний экономический результат от успешного проекта	
BigDataValue	%	Вклад технологий BigData в получение результата	В соответствии с методикой ЭАИС

На основе сделанных допущений для проведения расчёта будущей экономической эффективности комплекса Big Data необходимо сделать прогноз ключевых параметров будущих характеристик проектных активностей, связанных с Большими данными. Описание величин приведено в Таблице 1. Тогда целесообразность закупки определяется следующей совокупностью условий (1).

$$\begin{cases} E = \frac{BigDataValue \cdot N \cdot Value \cdot Success \cdot Tasks - N \cdot Salary - OpEx}{CapEx} \geq ROE \\ Years \cdot (BigDataValue \cdot N \cdot Value \cdot Success \cdot Tasks - N \cdot Salary - OpEx) \geq CapEx \end{cases} \quad (1)$$

Наибольшую неопределенность в результат вычислений вносит величина *BigDataValue*. Для её оценки необходимо определить значения вкладов d_i и s_i методики ЭАИС.

Для вычисления d_i в данном практикуме целесообразно использовать метод на основе экспертных оценок относительной значимости этапов бизнес-процесса, представленных на рис.1. Для структурирования экспертных оценок в этом случае оптимально построить матрицу попарных сравнений (компонента метода анализа иерархий [4]) и на её основе получить вектор относительной значимости бизнес-процессов.

Для определения значений s_i в условиях отсутствия статистических данных применяется формула (2), где P_i – вероятность принятия правильного решения аналитиком без использования Big Data. С учётом, что в данном практикуме используются большие слабоструктурированные данные, то разумным допущением для процессов «Понимание данных», «Подготовка данных», «Моделирование» и «Оценка результата» будет оценка $P_i = 0$ (т.е. вклад аналитика и инструментария в процессы анализа равны, они не могут обойтись друг без друга в равной мере). Для оставшихся процессов для простоты можно считать, что $P_i = 0,5$ (что означает, что деятельность аналитика в этих процессах возможна и без инструментов Big Data).

$$s_i = \frac{1 - P_i}{2} \quad (2)$$

Представленных параметров и алгоритмов достаточно для проведения расчёта, если известны исходные данные. Для определенности возьмем следующие входные параметры, отражающие возможные решения менеджмента коммерческого банка:

- целевой период окупаемости инвестиций (*Years*) – 5 лет;
- целевой возврат на акционерный капитал (*ROE*) – 20%;
- первоначальные инвестиции в Big Data (*CapEx*) – 16 млн.руб.;
- количество аналитиков (*N*) – 3 чел.;
- ежегодные затраты на аналитика (*Salary*) – 4 млн.руб.;
- количество проектов на аналитика в год (*Tasks*) – 6 шт.;
- доля успешных проектов у аналитика (*Success*) – 40%;
- средний результат успешного проекта (*Value*) – 7 млн.руб.;
- вклад технологий Big Data (*BigDataValue*) – 41% (Таблица 2).

Табл.2. Вычисление вклада технологий Big Data

Параметр		Понимание бизнеса	Понимание данных	Подготовка данных	Моделирование	Оценка результата	Внедрение
Матрица попарных сравнений	Понимание бизнеса	1	2	3	2	5	6
	Понимание данных	0.5	1	2	1	3	4
	Подготовка данных	0.33	0.5	1	0.5	2	3
	Моделирование	0.5	1	2	1	2	3
	Оценка результата	0,2	0.33	0.5	0.5	1	2
	Внедрение	0.167	0.25	0.33	0.33	0.5	1
Относительная значимость (d_i)		0.28	0.20	0.18	0.16	0.09	0.09
Вклад в процесс анализа (s_i)		0.25	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25
Итого (BigDataValue)		$\sum s_i d_i = 41\%$					

Подстановка значений в формулы позволяет увидеть, что отдача от инвестиций составляет 23% (что больше целевого значения 20%). Общий результат экономической деятельности (без учёта изменчивости стоимости денег во времени) в виде разницы между суммарной прибылью и общими расходами за весь период в горизонте планирования 5 лет

положителен и составляет 2.6 млн.руб.

Несмотря на положительный результат не трудно заметить, что данная инициатива с экономической точки зрения находится на грани целесообразности. Незначительные отклонения в целевых значениях приведут к неэффективности инвестиций как с точки зрения ожидаемой доходности, так и с точки зрения периода окупаемости. С другой стороны, внедрение технологий Big Data не ограничивается экономическим эффектом. Внедряя современные технологии, компания получает возможность реализовать конкурентные преимущества в самых разных формах.

Представленная схема оценки демонстрирует основные особенности анализа эффективности решений на основе эффективности Big Data. Как видно из представленного примера, технологии имеют длинный срок окупаемости и часто могут быть не целесообразны (т.к. альтернативные решения, такие как аутсорсинг экспертизы и аренда технологий могут быть более эффективны).

Основным направлением дальнейших работ по теме исследования является выполнение данного практикума на реальных характеристиках российского коммерческого банка при принятии решения о целесообразности инвестиций в технологии Big Data.

Представленный подход оставляет широкие возможности теоретического развития для решения смежных задач планирования инвестиций. Основными линиями такого развития может стать фокус на выбор из нескольких возможных вариантов инвестирования и более широкий анализ структуры сопутствующих экономических выгод.

Литература

1. Зимин К.В., Маркин А.В., Скрипкин К.Г. Влияние информационных технологий на производительность российского предприятия: методология эмпирического исследования, Бизнес-информатика, № 1, 2012. – с. 41.
2. Середенко, Е.С. Оценка экономической эффективности аналитических информационных систем: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.13 / Середенко Евгений Сергеевич. – М., 2014. – 168с.
3. Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., & Shearer, C., et al. (2000). CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide. SPSS. URL: <http://www.the-modeling-agency.com/CRISP-DM.pdf>.
4. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

Гвоздева Г.П.¹, Гвоздев С.Е.²

¹ Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ), Новосибирск, к.э.н., доцент кафедры общей социологии, gvozdeva@ieie.nsc.ru

² Новосибирский государственный университет экономики и управления (НИНХ), г. Новосибирск, к.ф.-м.н, доцент кафедры высшей математики

Информационные технологии для приобретения навыков научно-исследовательской деятельности студентами вузов социально-экономического профиля

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Научно-исследовательская работа студентов, информационно-образовательная среда, научно-преподавательское сообщество как элемент сетевого мира.

АННОТАЦИЯ

В статье обсуждаются возможности и опыт формирования информационно-образовательной среды, позволяющей повысить эффективность включения в научно-исследовательскую работу студентов вузов, обучающихся по специальностям социально-экономического профиля. Приведены примеры разных форм использования в новосибирских вузах IT-технологий в научной и образовательной деятельности.

Постановка проблемы и определение понятий

Одним из путей ускорения перехода на инновационный сценарий развития является усиление влияния научно-преподавательского и предпринимательского сообществ на процесс повышения квалификации кадров и превращения образования молодежи в непрерывное в соответствии с Государственной программой РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы». [1]. Причем таким образование может стать при условии овладения студентами навыками взаимодействия в информационной среде, поиска, использования технологий для сбора новой и обработки и анализа имеющейся информации.

Подготовка креативных кадров, обладающих разнообразными компетенциями, и создание новых рабочих мест, требующих высокой квалификации работников, будут способствовать переходу к экономике, основанной на знаниях. Научное сообщество заинтересовано внести свой вклад в решение этой актуальной задачи. Для этого требуется консолидировать усилия разных направлений науки, направить деятельность различных социальных групп, особенно молодежи, в инновационное русло. И начальным звеном консолидации может стать

создание благоприятной информационно-образовательной среды для объединения усилий кафедр университетов по освоению новых технологий.

На наш взгляд, корректно определение экономики, базирующейся на знаниях, В.Л. Макарова: это «...тип экономики, где сектора технологической материализации знаний играют решающую роль, а производство знаний является источником экономического роста» [2, с. 15]. В трактовке Питера Друкера (иная транскрипция Дракер, Drucker) такая экономика называется предпринимательской, в ее основе новый подход к менеджменту, приводящий к радикальным изменениям в жизненных позициях, в ценностях и в поведении. [3, с. 33]. Особый интерес он проявляет к предпринимателям, готовым работать в наукоемком бизнесе. У них должны быть природные способности к этому, а также желание и возможности постоянно учиться новому и создавать инновационные продукты и технологии.

Взаимодействие государства, образования, предпринимательского и научного сообществ остается весьма актуальным с точки зрения эффективности дальнейшего развития России. После 1991 года был значительный приток квалифицированной молодежи в бизнес, сопровождаемый быстрым карьерным ростом. Но это не был наукоемкий бизнес. К тому же мало молодежи оставалось работать в науке и образовании, в результате чего произошло старение научных кадров. В то же время комфортная молодежная среда общения очень привлекательна для квалифицированной творческой молодежи, способной стать двигателем и ускорителем перемен в сфере высокотехнологичного труда.

Представляется полезным воспользоваться теоретическими наработками Б. Латура, В. Волкова и О. Хархордина [4, 5], чтобы представить научно-преподавательские сообщества как элемент сетевого мира. Новая социология науки, разработанная Б. Латуром и М.Каллоном [6], позволила преодолеть границу между тем, что относится к объективной науке и использованию ее результатов. Под научной школой понимаем самовоспроизводящееся научное сообщество, частично вовлеченное в процесс преподавания и разделяющее идеи и концепции, разработанные в конкретной научной области под научным руководством или под влиянием главы школы. Предполагается, что члены школы работают в прямом взаимодействии, расширяя доступные ресурсы и получаемые знания, а также углубляя обоснованность результатов. Продуктивно научную школу представить как элемент сетевого мира. Используем понятие «сеть», которая производит научные факты или новшества, тем самым, меняя реальность. «Сети» могут состоять «из разных элементов – по Латуру, туда входят и люди, и теоремы, и микробы, и финансы. Это – некоторая ассоциация или сборка элементов, про которые бесполезно спрашивать, чего в ней больше – человеческого или нечеловеческого. Для успеха сети более важно, какие звенья сети выдержат давление: умрут ли

лабораторные крысы или уйдет спонсор экспериментов – последствия для сети одинаковы» [5, с. 249]. Научную школу можно рассматривать как некий механизм, объединяющий в «сеть» ее членов, обеспеченных ресурсами, который заставляет все элементы работать предсказуемым образом, благодаря тому, что этому механизму удается добиваться устойчивого равновесия. То есть сохранение «сети», ее разрастание требует не только нахождения новых убедительных фактов (открытий), но и того, чтобы внутри сети были сбалансированы разные ресурсы, а разнонаправленные силы «держали друг друга под контролем, чтобы ни одна из них не могла отколоться от группы» [Цит. по: 5, с. 251]. Важно, чтобы обеспечивалось воспроизводство кадров, новые члены сообщества вливались бы из среды наиболее талантливых студентов и аспирантов. И большое значение для сохранения и развития научных школ имеет организация информационно-образовательной среды.

Задача данной статьи - показать возможности информационно-образовательной среды влиять на формирование инновационного потенциала молодежи (чтобы молодежь получала новые знания, осваивала информационные технологии, приобретая необходимые компетенции, и оставалась работать в сетевом мире с высокими результатами труда).

Объединение обучения в вузе и исследований, используя ИТ-технологии

В качестве платформы для организации непрерывного обучения и включения студенчества в исследовательскую деятельность может использоваться информационно-образовательная среда университета / ряда вузов и научного сообщества. В Новосибирске сложилось тесное взаимодействие институтов Сибирского отделения Академии наук и ведущих вузов (НГУ, НГТУ, НИИХ и др.): многие научные сотрудники преподают, а студенты проходят исследовательскую практику и пишут дипломные работы в профильных лабораториях НИИ, участвуют в работе методологических семинаров и научных конференциях. В последние 5 лет важным элементом информационно-образовательной среды стал Академпарк ("Технопарк новосибирского Академгородка"), объединяющий образовательные, дискуссионные площадки и возможности практической разработки и внедрения изобретений, в том числе студентами и аспирантами. В настоящее время в нем 305 компаний реализуют 724 инновационных проекта, 88 компаний являются резидентами бизнес-инкубатора [7]. В Академпарке осуществляется информационно-образовательный проект «Открытый Лекторий» для преподавателей, заинтересованных в совершенствовании педагогической практики.

Используя возможности информационно-образовательной среды, преподаватели разных специальностей и кафедр (высшей математики, социально-экономической статистики, прикладной информатики, экономики управления, социологии и др.) реализуют комплекс технологий для активного привлечения студентов в научно-исследовательскую

деятельность. Примеры приведены в таблице 1.

Стремление самой молодежи получить разнообразные навыки и компетенции вызвано повышением требований к качеству рабочей силы, дефицитом рабочих мест с достойной оплатой и высоким уровнем притязаний молодежи. По их мнению, чтобы реализовывать инновационные проекты, вместе со знаниями необходимы такие качества как инициативность, способность к анализу и принятию решений, ответственность, «коммерческая жилка» (эти качества назвали более половины молодых людей во всероссийском Интернет-опросе научной молодежи, проведенном Институтом экономики и организации промышленного производства СО РАН в 2011 г., рис. 1).

Примеры развития ИКТ-компетентности в процессе подготовки студентов

Пример 1. Преподавание «Концепции развития человеческого потенциала», «Социально-экономической статистики» и индивидуальная работа со студентами-социологами.

Научно-преподавательское сообщество помимо профессиональных компетенций стремится раскрыть у студентов НГУ лидерские способности:

- работать на межсекторальном уровне и «по линиям разрыва» над решением насущных проблем;
- надстраивать, расширять возможности для достижения целей, находя пути решения поставленных задач;
- готовить и включать в работу общественных лидеров – представителей гражданского общества.

Таблица 1. Возможности информационно-образовательной среды университета для включения студентов в научные исследования и реализации принципов непрерывного обучения

Возможности	Примеры реализации авторами возможностей в 2007-2012 гг.	Реализуемые принципы непрерывного обучения
Осуществление научных проектов силами студентов и преподавателей	Под руководством преподавателя кафедры общей социологии разработана программа исследования и проведен Интернет опрос представителей научного сообщества по общественно значимой проблеме с участием студентов старших курсов	Практическая направленность, индивидуализация работы с источником знаний

Создание баз данных на основе проведенных исследований и имеющейся статистической информации	С участием студентов под руководством специалистов профильных кафедр создана база данных опроса научного сообщества	Практическая направленность, интерактивность, контроль как метод определения стратегии дальнейшего обучения
Совершенствование методов работы с информацией, использование возможностей параллельных технологий	В рамках спецкурса студенты приобщаются к развитию параллельных технологий. Расширен базовый курс «Программирование» за счет внесения в него элементов многопоточного программирования.	Практическая направленность, индивидуализация, контроль как метод определения стратегии дальнейшего обучения
Использование баз данных участниками проекта для исследовательских целей	Студентка-выпускница успешно использовала базу данных в своем квалификационном исследовании; преподаватель - для выполнения исследования по плану НИР	Практическая направленность, индивидуализация, работа с источником знаний,
Использование баз данных преподавателями и студентами для учебных целей	Преподаватель - разработаны задания по расчету социально-экономических показателей; студенты-социологи использовали актуальную базу данных с целями изучения как исследовательских методов, так и содержательной стороны проблемы	Индивидуализация, работа с источником знаний, контроль как метод определения стратегии дальнейшего обучения
Проведение дискуссий и конференций с использованием современных технологий по актуальным проблемам (для страны, города, вуза).	Проведена студенческая Интернет-конференция «Проекты развития Академгородка: плюсы и минусы для развития человеческого потенциала» в рамках спецкурса «Концепция развития человеческого потенциала»	Интерактивность, практическая направленность, Навыки общения в рамках Интернет-конференции, толерантность,

Поэтому, опираясь на полученные знания, в том числе навыки работы со статистической и социологической информацией, студенты самостоятельно разрабатывают программу исследования и реализуют его. Также студенты привлекаются к исследованиям, проводимым отделом

социальных проблем ИЭОПП СО РАН. В условиях реального исследования формируются ИКТ-компетенции. В данном примере индивидуальная подготовка включала участие дипломницы в подготовке научной программы и проведении Интернет – опроса научного сообщества Новосибирска «Возможности Технопарка: перспективы участия молодежи в инновационном развитии», а также представлении результатов анализа в виде выпускной работы. (В базу данных включены ответы 245 респондентов, из них 92 студента и аспиранта и 153 – работника сферы науки и высшего образования, 61 человек имеют степень кандидата наук, 16 – доктора наук). Это обеспечило развитие её творческих способностей, приобретение навыков постановки задач, использования современных методов анализа и интерпретации данных, полученных с использованием статистического пакета.

В последующие годы эта база данных использовалась для разных задач (см. табл. 1), в том числе и другими студентами в рамках спецкурса «Концепция развития человеческого потенциала». Тематический план этого курса включает раздел «Основанная на знаниях экономика как предпосылка развития человеческого потенциала и сохранения окружающей среды». При рассмотрении темы «Роль использования новых технологий в интересах развития человека» была проведена студенческая Интернет-конференция «Проекты развития Академгородка: плюсы и минусы для развития человеческого потенциала».

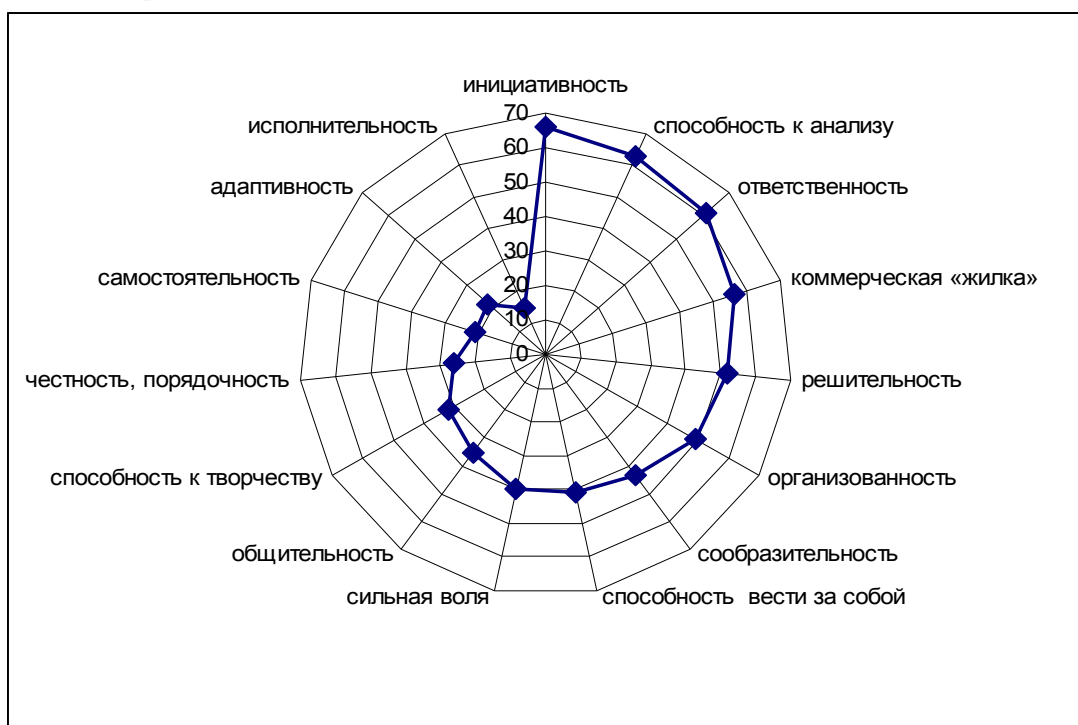


Рис. 1. Качества и способности, необходимые тем, кто будет реализовывать инновационные проекты (Интернет-опрос 2011, 809 чел., включая студентов, аспирантов и молодых ученых)

Интернет-конференция была нацелена на развитие:

- умения применять знания к конкретной ситуации;
- навыков ведения заочной дискуссии, проявления толерантности;
- поиск и привлечение информации из разных источников;
- творческого воображения.

Студенты вначале сами ответили на поставленные вопросы в рамках конференции, используя полученные в курсе знания, а затем имели возможность, пользуясь результатами проведенных ранее опросов, сравнить общественное мнение с мнением группы студентов. Участвовали в локальной Интернет-конференции, продолжавшейся 4 дня, 30 студентов 3 и 4 года обучения на экономическом факультете НГУ. Из студентов была выбрана модератор конференции.

Учебно-методические задачи в основном достигнуты:

- повысилась активность студентов по сравнению с традиционной дискуссией;
- свобода выбора момента для ответа в течение 4 дней привела к увеличению времени на обдумывание и углублению аргументации;
- не все студенты проявили толерантность в ходе конференции, что задает вектор специальной воспитательной работы;
- модератор конференции почувствовала плюсы и минусы лидерства (руководить - это много работы в сети Интернет и ответственность).

Что касается содержательной задачи - вскрыть основные проблемы создания Новосибирского технопарка – студентам это удалось, несмотря на ограниченность опыта. Ожидаемые студентами последствия также хорошо согласуются с мнением других групп населения Академгородка. В целом осуществлялась самоорганизация деятельности и взаимное обучение.

Пример 2. Преподавание многопоточного программирования

Доступность широкому пользователю многоядерных архитектур сделало необходимым модернизацию базового образования с ориентацией на разработку и использование параллельных технологий. Актуально дополнение базовых курсов информатики элементами многопоточного программирования.

Рассматриваемый подход был опробован в рамках спецкурса «Практическое параллельное программирование в системах с общей памятью». Необходимые предварительные знания – наличие представлений о языке программирования C на базовом уровне. Изучаемые программные продукты и стандарты: OpenMp C++, Win API, Intel Thread Checker, Intel Tread Profiler.

Большую часть слушателей составляли студенты 2-го и 3-го курсов. Ни у кого из них не было предварительных теоретических знаний по основам параллелизма. Первая половина занятия была посвящена разбору примеров, а на второй половине студенты выполняли практические задания самостоятельно, используя презентации.

Обучение конструкциям явного параллелизма происходило на

примерах построения программных версий последовательного кода задачи. Сначала предлагалось выделить распараллеливаемый код задачи в отдельную функцию. Из главной программы выполнялось однократное обращение к данной функции. Следующим шагом было введение концепции нескольких последовательных исполнителей. Обращение к данной функции из данной программы выполнялось уже несколько раз – число обращений равнялось будущему количеству потоков. Код функции также модифицировался – у нее появлялся новый формальный параметр, равный «номеру» этого исполнителя. Но это все еще был последовательный код. Окончательным штрихом являлась «оснастка» программы параллельными конструкциями выбранной параллельной технологии. После описанной выше предварительной подготовки сделать это было достаточно просто.

В дальнейшем были разработаны простые примеры - параллельное умножение матриц и численное интегрирование – для включения в базовый курс «Программирование», основу которого составляет обучение языку программирования С.

Итак, опыт показал, что на основе разработанного учебного материала возможно и практически оправдано более широкое включение параллелизма в обучение и методологически, и на практике.

Вывод

В современном мире рассматривается как новая грамотность, в которую входят, прежде всего, умения использовать информационно-коммуникационные технологии для самостоятельного получения и обработки информации, и принятия новых решений в типовых и нестандартных ситуациях,

Таким образом, интеграция интерактивных технологий в базовые и специальные курсы высшего профессионального образования способствует реализации основных принципов непрерывного обучения и развития междисциплинарных навыков современных профессионалов.

В современном мире для принятия верных социально-экономических решений в типовых и нестандартных ситуациях совершенно необходима ИКТ-компетентность - умение использовать информационно-коммуникационные технологии для самостоятельного поиска, получения и обработки информации, углубленного анализа, сравнений и построения прогнозов, а также сценариев развития.

Литература

1. Государственная программа РФ «Развитие образования на 2013-2020 годы». URL: <http://sdo-journal.ru/documents/postanovlenie-pravitelstva-rf-ot-15-aprelya-2014-g-295-ob-utverzhdenii-gosudarstvennoj-programmy-rossijskoj-federacii-razvitie-obrazovaniya-na-20132020-gody.html>
2. Макаров В. Контуры экономики знаний. //Экономист. 2003, №3. - С. 3-15.
3. Друкер Питер, Ф. Бизнес и инновации: Пер.с англ. - М.:ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 432 с. (Peter F. Drucker, 1985)
4. Latour, Bruno. Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers Through Society.

Cambridge, MA: Harvard University Press. 1987.

5. Волков В., Хархордин О. Теория практик. – СПб: Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге. 2008. - 298 с.
6. Callon, M., Latour, B. "Unscrewing the big Leviathan", in Knorr-Cetina, K., Cicourel, A.V. (eds), *Advances in Social Theory and Methodology*, Boston, Routledge and Kegan Paul, 1981. - pp. 277-303.
7. Технопарк новосибирского Академгородка. URL: <http://www.academpark.com/>

Егоров Г.В.

НОУ ВПО Православный Свято-Тихоновский гуманитарный университет, г.Москва, протоиерей, канд. психол. наук, доцент, проректор по учебной работе, egorov.g@pstgu.ru

Дистанционное IT образование и становление профессионала

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Профессионализм, развитие личности, образовательная среда, дистанционное обучение, IT-образование.

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблеме подготовки профессионалов, ответственно и творчески подходящих к осуществлению своей деятельности. Рассматриваются антропологические основы такой подготовки, а также необходимые свойства образовательной среды. Также обсуждаются требования к системам дистанционного обучения, позволяющие обеспечить подготовку профессионала в виртуальном пространстве.

Подготовка специалиста в области компьютерных технологий зачастую ставит руководство учебного заведения перед дилеммой. С одной стороны, хочется подготовить высококлассного специалиста, способного решать самые сложные задачи. С другой – как быть уверенным, что свои умения выпускник обратит на благо? Если возможности талантливой одиночки – физика, геолога или экономиста – не столь уж велики, то в случае IT-специалиста это совсем не так. Данная мысль, полагаю, сегодня не требует доказательств.

Как быть? Должны ли мы закрыть на это глаза, переложив ответственность на самого выпускника, или все-таки возможно внести в жизнь учебного заведения нечто такое, что снижало бы риски? Особенно принимая во внимание, что в области IT-образования стремительно развивается дистанционное обучение, изменяющее привычное функционирование университетов.

Для того, чтобы дать ответ на этот вопрос, необходимо сначала разобраться с тем, кто такой профессионал и каким образом его подготовить. Знакомство с биографиями и деятельностью многих людей, заслуживших признание как профессионалы, показывает, что всем им присущи некоторые общие черты, не зависящие ни от профессиональной области, ни от места, ни от эпохи. Это наводит на мысль, что существуют какие-то общие характеристики профессионалов, которые связаны собственно с их человеческими качествами, а не с родом деятельности.

Анализ исследований феномена профессионализма[1] позволяет

сфокусировать внимание на двух его составляющих. Профессионализм обеспечивается сочетанием набора инструментальных знаний и навыков (компетенций), характерных для данной профессиональной области, а также особой личностной позиции профессионала. Или, точнее, избранным им способом самореализации в профессии, которая инвариантна относительно области профессиональной деятельности. Чтобы пояснить это, проведем различие между профессионалом и специалистом. Его можно провести, например, как между субъектом чужой и собственной деятельности [2]. Другой подход устанавливает эту грань на рубеже перехода от высокого уровня компетенций к тому, что называется творчеством в профессии. В обоих случаях присутствует некоторая трудноопределимая внутренняя характеристика человека, изменение которой позволяет ему перейти на качественно новый уровень профессионального развития.

Российский психолог Александр Ратмирович Фонарев в качестве такой характеристики предложил использовать термин «способ самореализации» человека или, иначе, «модус бытия» [3]. Используя представление о модусе бытия как о предельно обобщенной характеристике способа самореализации, проживания человека, описанное Э.Фромом, Х.Ортегой-и-Гассетом, С.Л.Рубинштейном, он разработал трехчастную модель модусов, соотнеся их с формами психологической регуляции деятельности и уровнями осуществления деятельности (Рис.2).

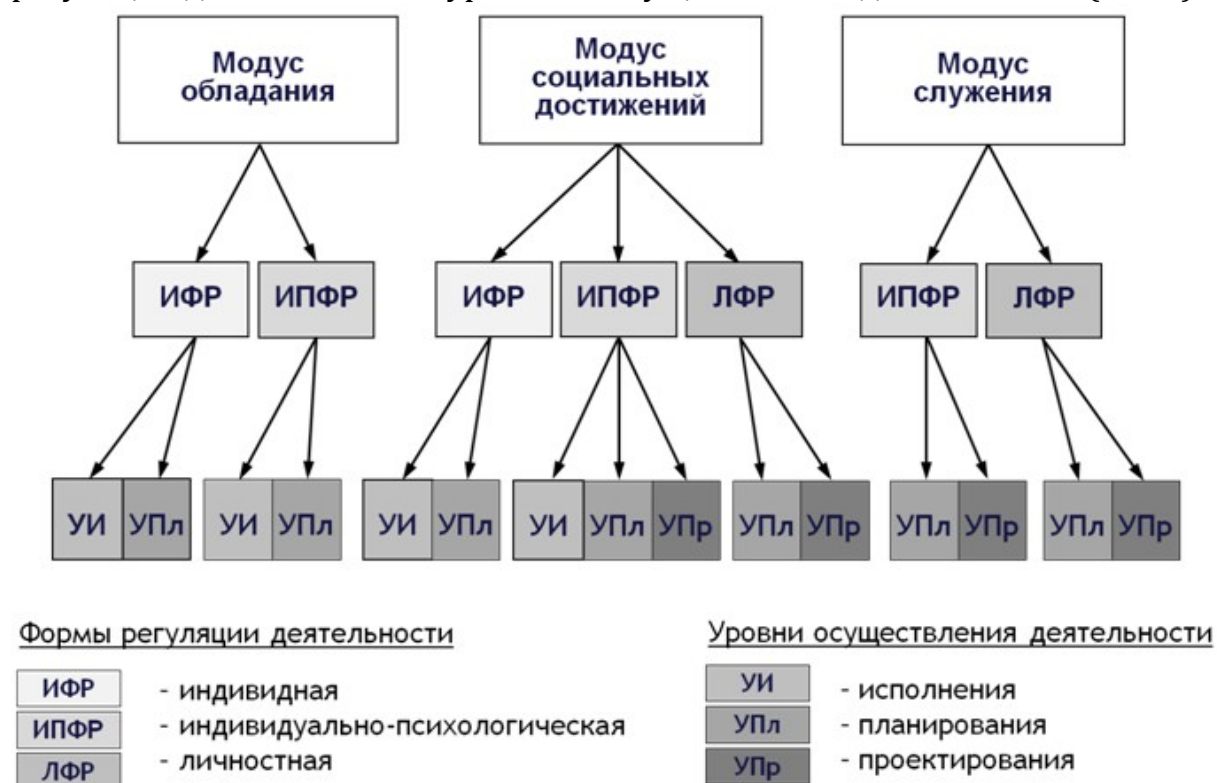


Рисунок 2. Связь модусов, форм психической регуляции и уровней осуществления деятельности по А.Р.Фонареву

Позволю себе привести краткую характеристику модусов бытия в представлении А.Р.Фонарева.

Модус обладания характеризуется тем, что все, что не я – это вещь, которую я хочу иметь, или это средство, с помощью которого я смогу нужную мне вещь приобрести. Например, на работе такие люди стараются отделаться «вещеподобными» результатами, то есть не предполагающими личностного участия с их стороны.

В модусе социальных достижений на первое место выходит уже социальный или профессиональный статус: быть или считаться лучшим (это не одно и то же). Если в первом модусе – главный конфликт – «я и все остальные», то во втором – «мы и они». Модуль социальных достижений требует наличия тех, кто тебя оценит. Эти оба модуса направлены на себя самого.

А вот модус служения – это модус трансцендентный, направленный на другого, это выход за пределы самого себя и своей деятельности. Его характеристики удивительным образом совпадают с характеристиками профессионального творчества, т.е. служение и творчество в профессиональной сфере суть одно и то же.

Также необходимо пояснить, что имеется в виду под формами психической регуляции. Индивидуальная форма регуляции – это регуляция, направленная на адаптацию человека к окружающей среде. Личностная форма регуляции нацелена на преобразование того, что вокруг человека, в соответствии с его собственной системой смыслов и ценностей, то есть это его творческая позиция. Индивидуально-психологическая форма регуляции возникает в пограничной ситуации между двумя другими, когда человек, находясь в состоянии изменения, может либо начать движение вперед, либо откатиться назад в своем профессиональном и личностном развитии.

Заметим, что строгих экспериментов, подтверждающих эту модель, не проводилось, но интуитивно она кажется вполне жизненной.

Для облегчения восприятия последующего изложения обсуждаемую схему можно упростить так, как представлено на рис.3.

На рисунке 3 запрещены длинные диагонали. Вертикальная линия показывает равновесное состояние. Как только возникает диагональ, система приходит в неустойчивое состояние. Например, может «убежать» вперед уровень осуществления деятельности, то есть количество и качество компетенций превысит внутренне обоснованную потребность в них. Тогда человек окажется в ситуации кризиса. Если он готов изменить модус своего бытия, то ситуация снова выровняется. Если нет, то для обретения равновесия ему придется согласиться на остановку в развитии своей квалификации. И если человек не переходит постепенно в модус служения, то он вынужден остановиться, так как неизбежно достигается такой рубеж развития его умений, после которого они перестают окупаться в материальном, и даже моральном плане со стороны окружающих. Может

быть и обратная ситуация, когда личностное развитие человека, его желание служить заставляют его совершенствовать свое мастерство, «подтягивая» диагональ. Если равновесие не достигается, человека ждут такие явления как профессиональная деформация и профессиональное выгорание. Термин говорит сам за себя: все внутренние, природные ресурсы исчерпаны, обменены на результат, а новых нет, потому что я пытаюсь работать так, как будто я – открытая система, в то время как на деле я остался системой замкнутой, у которой нет источника для возобновления ресурсов.

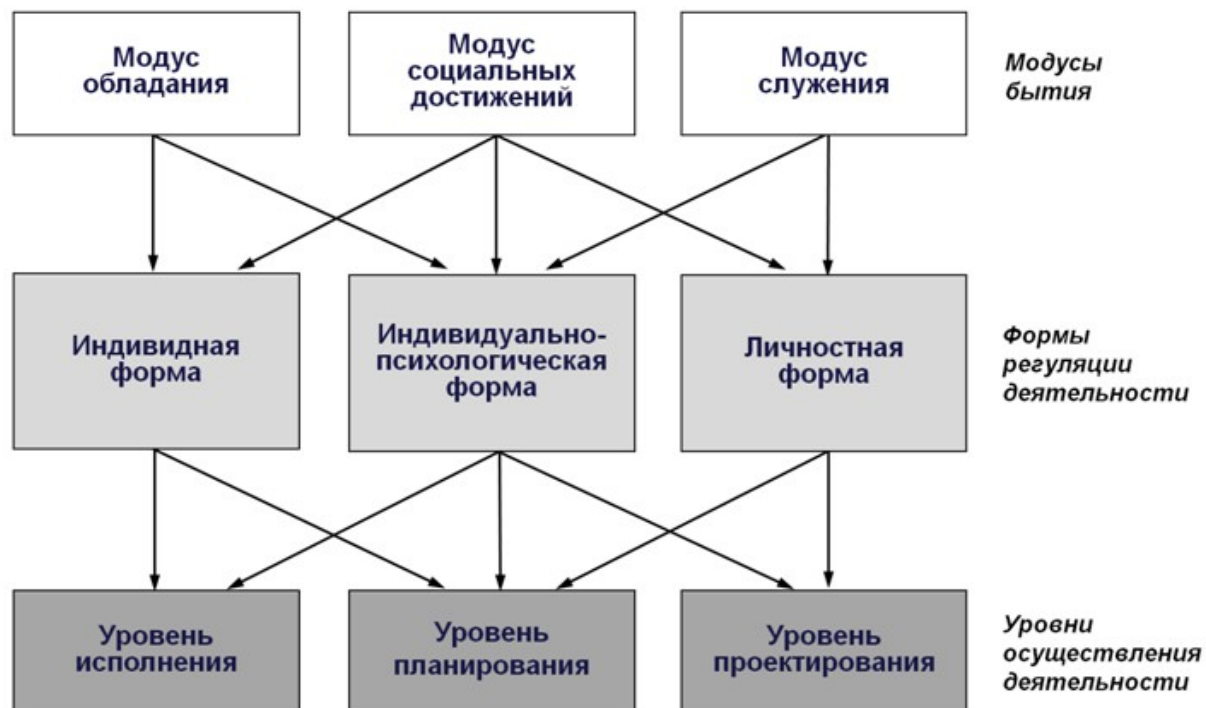


Рисунок 3. Схема процесса профессионализации

Таким образом, продуктивное профессиональное развитие может осуществляться только при последовательной смене модуса, в котором осуществляет свою деятельность человек. В целожизненной перспективе из трех только один обеспечивает продуктивное профессиональное развитие, при котором человеку не приходится расплачиваться за профессиональные достижения деформациями личности и профессиональным выгоранием. Высшее профессиональное развитие, подлинное творчество возможны только в модусе служения. Именно это, вероятно, хотел сказать А.С. Пушкин словами: «Гений и злодейство суть вещи несовместные».

Теперь вернемся к нашему изначальному вопросу. Можем ли мы чем-то помочь в развитии профессионализма учащихся в рамках образовательного учреждения, особенно в ситуации внедрения дистанционного обучения?

Если мы будем представлять себе образование в виде привычной схемы, представленной на рис.4, возможности наши весьма ограничены.

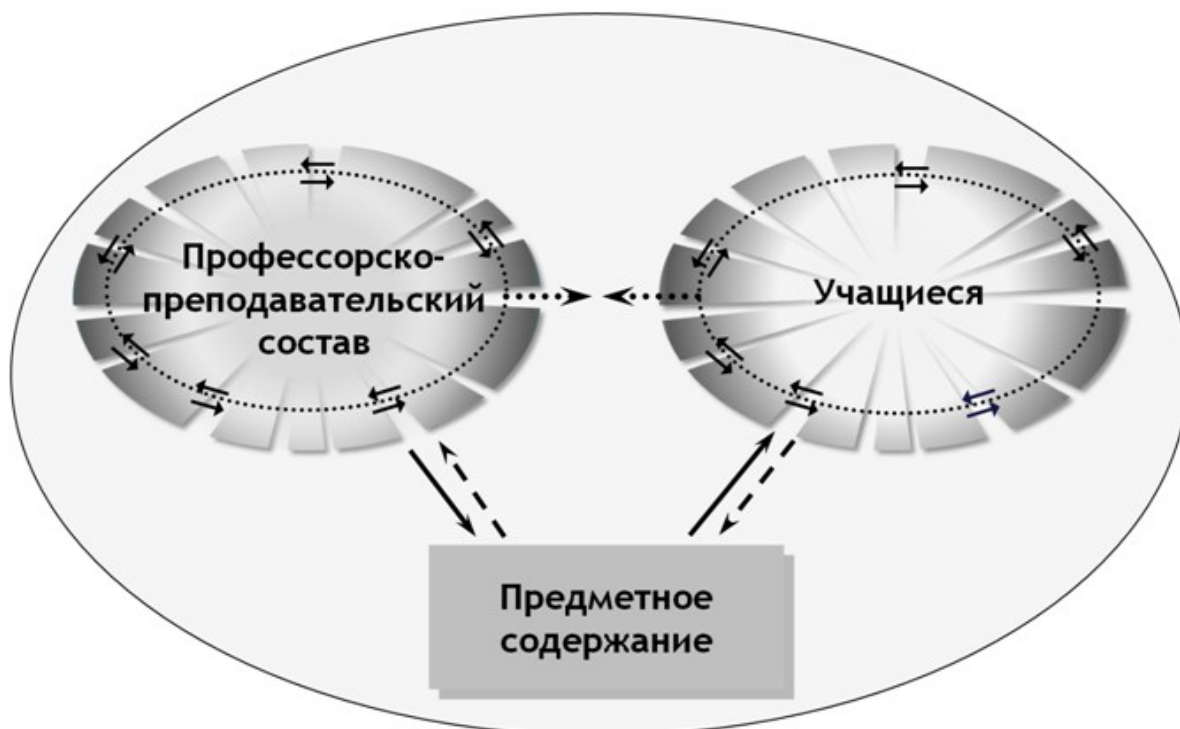


Рисунок 4. Традиционный способ представления образовательной среды
 Необходимо дополнить эту схему так, чтобы она учитывала и другие факторы влияния [1] (рис.5).

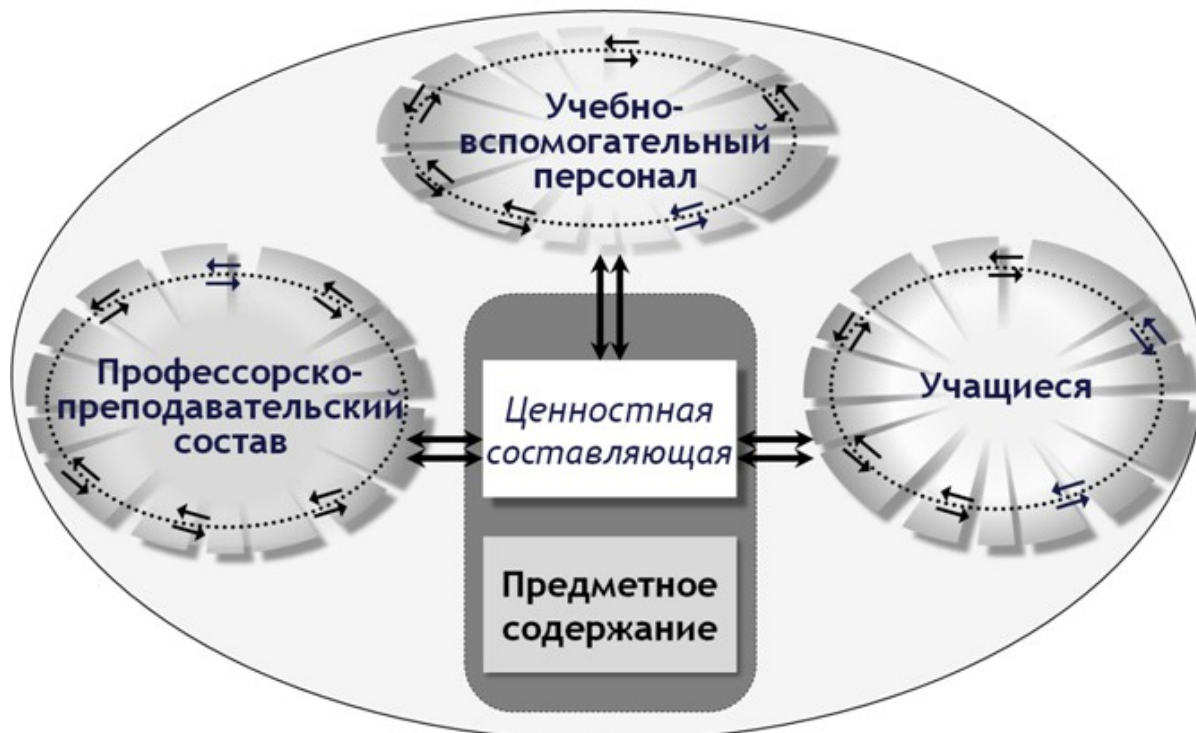


Рисунок 5. Структура образовательной среды
 На рисунке 5 появляется еще один коллективный субъект – УВП, начиная от ректора и заканчивая секретарями, а также выделяется ценностная составляющая, которая зачастую никак не формализована, но

является важной компонентой содержания образования. Важно не только то, чему учат, но и кто, как и для чего учит, какие цели преследует, какими ориентирами руководствуется. Одна и та же вещь, произнесенная разными людьми, будет звучать по-разному. При формировании образовательной среды важно, чтобы ценностная составляющая складывалась не случайным образом. В первую очередь за это отвечает руководитель и администрация, потому что именно они задают «правила игры», но и остальные в этом участвуют и оказывают влияние.

Здесь я должен остановиться и предупредить, что новой технологии, позволяющей всех сделать высококонтактными профессионалами, нет и не будет. Переход от одного модуса к другому относится к неуправляемым извне процессам, за него в конечном итоге отвечает только сам человек. Только он сам может осуществлять внутреннее движение на основе свободного выбора. И снова приходится подчеркнуть решающую роль руководителя. Хорошая новость состоит в том, что возможно отследить правильный вектор развития и организовать сопровождение перехода из неравновесного состояния. При этом не следует забывать и о достижениях психологии развития. Нельзя ждать от вчерашнего выпускника школы, что он на студенческой скамье начнет сразу себя осуществлять в модусе служения. И даже после выпуска это не имеет большого смысла, т.к. молодой человек еще недостаточно оснащен как в психологическом, так и в техническом плане. Но увидеть вектор его развития и помочь ему двигаться в нужном направлении возможно. Для этого ключевые фигуры в образовательном процессе, в первую очередь руководители, должны быть сами причастны к модусу служения, как в содержательном, так и в практическом плане.

Сейчас же для нас важно еще раз подчеркнуть, что развитие профессионализма и развитие личности – неразрывные процессы, имеющие свои закономерности. Распоряжение возрастающими профессиональными возможностями требует и постоянного личностного развития, которое происходит в виде плавного перехода от одного модуса самореализации к другому. И подлинные вершины профессионального (и не только) творчества безопасно покорять, только перейдя в модус служения.

В качестве небольшого отступления хочу отметить, что модус сам по себе ценностно нейтрален, это техническая характеристика. Поэтому цитировавшееся выше слово о гении и злодействе не столь однозначно. Все мы знаем примеры людей вдохновенно и с самоотдачей, можно сказать гениально, творившие дела совсем не на благо человечеству. Однако это тема совсем другого разговора.

Теперь перейдем к заключительному сюжету, а именно к использованию дистанционных образовательных технологий. Мы выяснили важность того, что образовательная среда, в которой создаются условия и возможности для личностного развития, должна быть

ценностно-однородной. То есть преподаватели должны находиться в модусе служения, а студенты должны быть, как минимум, ориентированы на этот модус. Если среда будет приближаться к ценностно-однородной, то действия в ней будут иметь синергетический характер, то есть даже небольшие усилия приведут к эффекту резонанса. Если она будет ценностно- дезинтегрированной, то любые попытки ее куда-либо двигать будут гаситься хаотическими движениями и столкновениями интересов и настроений.

Теперь обсудим, что произойдет, если мы соблюли описанные выше условия становления профессионала, но вместо аудиторий учебный процесс у нас осуществляется полностью через систему дистанционного обучения (СДО)? Это будет зависеть от того, какую именно систему мы будем использовать.

Ценностную составляющую образовательной программы мы можем с известной долей упрощения представить как идеологию. Идеология является довольно широким понятием, не имеющим строгого общепринятого определения. В данном случае мы будем рассматривать идеологию, как способ обобщения и структурирования индивидуальных и групповых верований, позволяющий формировать разделяемую систему ценностей и осуществлять целесообразную совместную деятельность [4, 5]. Трансляция идеологии осуществляется по множеству каналов, начиная с дизайна сайта. Как показывает опыт, большое значение имеют «следы», которые преподаватель оставляет в СДО – время, когда он проверил работы, качество проверки, внимание, которое он уделил студентам и т.п. Однако, поскольку основой работы в СДО обмен информацией в текстовой форме, то важнейшим средством формирования и трансляции идеологии становится дискурс, в котором идеология проявляет себя в наиболее явном виде. То есть технические средства и администрирование СДО должны обеспечить необходимый уровень взаимодействия и структуру дискурса всех участников образовательного процесса. Не вдаваясь здесь в подробное описание требований к СДО [6], отметим главное. Необходимо, чтобы учебный процесс осуществлялся в диалоге [7], а не в серии монологов. Причем этот диалог должен быть иерархичным, сохраняя различие позиций преподавателя и студента, и направляться преподавателем. В этой связи отметим вспомогательную роль, которую могут выполнять в образовании открытые образовательные ресурсы и социальные сети.

На сегодняшний день технологии позволяют в значительной степени удовлетворить указанным условиям. Это, несомненно, повышает стоимость эксплуатации системы, главным образом из-за повышения трудозатрат преподавателя, но эта проблема существует в образовании вообще (полагаю, что обеспечение постоянного повышения качества при непрерывном понижении стоимости является нерешаемой задачей). Однако задача реконструкции сигналов, интерпретации дискурса в ситуации дистанционного обучения требует также и от учащегося гораздо

большей зрелости. Поэтому чем более взрослым во всех смыслах этого слова является студент, тем более эффективным с точки зрения его становления как профессионала [1] может быть дистанционное обучение на современном уровне развития технологий. И чем более состоявшимися профессионалами являются те, кто обеспечивает обучение, тем больше шансов у студентов. В этом смысле никакие технологические сдвиги не изменяют антропологическую основу образования.

Литература

1. Егоров Г., свящ., Меланина Т.В. Личностное и профессиональное развитие взрослого человека в пространстве образования: теория и практика. М.: Изд-во ПСТГУ, 2013.
2. Исаев Е.И., Слободчиков В.И. Психология образования человека: Становление субъектности в образовательных процессах: Учеб.пособие. М.: Изд-во ПСТГУ, 2013.
3. Фонарев А.Р. Психологические особенности личностного становления профессионала. М.: Издательство Московского психолого-социального института. Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2005.
4. Van Dijk T. A. Ideology and discourse analysis //Journal of Political Ideologies. – 2006. – Т. 11. – №. 2. – С. 115-140.
5. Савеленок Е.А. Чему и как учить менеджера: очерк к теологии управления // История управленческой мысли и бизнеса: Проблемы подготовки менеджеров: вчера-сегодня-завтра. XV Международная конференция; Москва, МГУ имени М.В.Ломоносова, Экономический факультет, 1-3 июля 2014 г.: Материалы конференции / под ред. В.И.Маршева. – М.:ВАКО, 2014.
6. Егоров Г.В. Коммуникативная компонента образовательной среды при переходе к современным платформам СДО нового поколения (на примере внедрения eLearning Server 4G в ПСТГУ) // Сборник научных докладов Международного образовательного форума «Мир на пути к smart-обществу», 9-10 октября 2012 г., Москва Крокус Экспо. С. 41-46.
7. Bingham C. W., Sidorkin A. M. (ed.). No education without relation. – Peter Lang, 2004. – Т. 259.

Липунцов Ю. П.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, экономический факультет, к.э.н., lipuntsov@econ.msu.ru

Два уровня коммуникаций: значение и представление

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Информационный обмен, бизнес-правила, распределенная среда, модель предметной области, информационное моделирование.

АННОТАЦИЯ

Открытое правительство как новая система государственного управления требуют качественно нового уровня информационного обеспечения для взаимодействия ведомств между собой, а также ведомств с гражданами, экспертами и бизнесом. В статье рассмотрены три категории контрагентов ведомства, взаимодействие с которыми строиться на разных принципах: сообщество по интересам, где обмен может быть реализован на базе модели предметной области; информационный обмен между предметными областями; и взаимодействие в слабосвязанной среде. С ростом количества пользователей и снижением степени их контроля в методах информационного обмена и интеграции данных большее значение приобретает одинаковое восприятие данных всеми участниками обмена.

Введение

Сложность современного мира требует совершенствования механизмов государственного управления. Система «Открытое правительство» рассматривается как один из возможных ответов. Эта управленческая модель предполагает включение в процесс управления участников, которые не только следят за результатами деятельности правительства, но и способны внести свой вклад в развитие административных процедур, поделиться опытом и проявить себя в совершенствовании бюрократических процессов.

Реализация новых методов управления требуется адекватного уровня технологий, современное состояние не полностью удовлетворяет текущим потребностям. Требуется более тесное взаимодействие между специалистами предметной области и специалистами информационных технологий. При реализации семантической интеграции, существенно меняется роль специалистов предметной области, поскольку с их участием формируются базовые инструменты интеграции.

Преобразование данных в информацию

Современная организация является активным поставщиком и

потребителем информации. Возможности отдельного ведомства по предоставлению машиночитаемого доступа к накопленным информационным ресурсам, получению информации из внешней среды, лежат в основе совершенствования государственной деятельности. Для реализации активного информационного обмена необходимо реализовывать технологию интеграции данных и многоуровневое информационное моделирование.

Организация взаимодействия между несколькими системами может быть реализована на различных уровнях, отличающихся по уровню интеллектуальности обмена данными и интерпретации этих данных:

- создание технологической инфраструктуры, используемой для сбора, хранения и передачи данных;
- разработка единых форматов данных для структур данных;
- семантика посредством которой данные могут быть преобразованы в наделенную смыслом информацию. Интерпретация данных предопределяет ход исполнения процессов, реализацию бизнес логики.

Наиболее развитым из трех приведенных позиций является создание технической инфраструктуры, реализуемой чаще всего по модели создания интеграционной шины, т.е. используются методы, в которых слой данных скрыт от участника [1]. Семантика данных остается незначительно задействованной, вместе с тем уровень развития информационных технологий, накопленный опыт по работе с данными достиг уровня, когда реализация семантических методов становится реальным.

Любое взаимодействие, независимо от его характера, предполагает передачу смысла между участниками, реализацию семантики. Семантическая модель в каждом случае является абстракцией, которая описывает соотношение реального мира с его символьным отражением в виде сущностей и экземпляров. Реализацию семантики призваны обеспечить два механизма: механизм присвоения имен объектам, определение данных, и механизм однозначной идентификации объектов, идентификацию данных. При этом схема идентификации является более важным и более сложным механизмом.

Для присвоения имени объекта необходимо определить соотношения между самим объектом, его смысловым значением и терминами, построить семантический треугольник [4]. Каждый объект необходимо определить с помощью концепции, которые представляют собой значение, а для представления или коммуникации каждый концепт определяется с помощью терминов и обозначений, представляющие собой имя объекта.

Вторая задача для реализации семантических методов состоит в обеспечении механизма легкой идентификации объектов, который позволяет однозначно распознать объект в распределенной среде.

Механизмы обеспечения семантики различаются по категориям

контрагентов. Вся совокупность контрагентов отдельной государственной организации, можно разделить на три категории – по критерию принадлежности к типу организованного сообщества. В первую категорию попадут контрагенты, которые взаимодействуют в рамках одного сообщества. С ними можно выстроить автоматизированный информационный обмен на основе модели предметной области. Вторая категория предполагает информационное взаимодействие с совокупностью организованных сообществ. Здесь автоматизированный обмен происходит с помощью моделей организации сбора и хранения данных, либо модели федерации. В третью категорию попадают контрагенты слабосвязанной среды. Работа с этой категорией описывается моделями открытых и связанных данных, технологиями семантической интеграции, реализующих идею интеграции слабосвязанных информационных активов.

Для каждой из трех категорий сообщества по разным принципам организуется модель данных, отличаются метаданные. Поскольку системы отличаются степенью контроля, то в них будут представлены разные механизмы присвоения имени объекту, и однозначной идентификации. Помимо этого, у разных категорий будет разная модель коммуникаций.

В коммуникации выделяется два уровня взаимодействия: уровень представления и уровень значения [5]. Уровень представления отражает сообщение, его форму, формат. Значение касается более общих вопросов взаимодействия, отражающих позицию участника информационного обмена в контексте текущего взаимодействия.

Представление реализуется с помощью средств отражения: терминов, имен, определений, утверждений и прочих языковых средств и невербальных элементов, которые позволяют донести до контрагента информацию.

Смысл, значение предполагает содержание скрытых элементов, которые имеют отношение к текущему сеансу коммуникаций, но не отражаются явно в ходе коммуникаций. Потенциалом технологической поддержки коммуникаций состоит в формализованном представлении скрытой части взаимодействия и отражении ее в символьной форме. Возможность получить доступ к невыражаемой части коммуникаций, бизнес-правилам, которыми руководствуются участники в ходе коммуникаций, позволит повысить взаимопонимание.

Слой значений является более подходящим для формализованного представления, поскольку его можно представить в форме бизнес-правил, излагать формализованным языком, который близок не только к машино-читаемому, но и машино-исполняемому. Примером такого языка может выступать структурированный английский, который используется для обмена структурированными выражениями. При формализации слоя представлений возникает необходимость структурно описать естественный язык, что на сегодня пока проблематично.

С учетом возрастающего количества каналов взаимодействия, высокой динамики содержания, формализация слоя значения становится актуальным вектором развития информатизации государственного сектора.

Степень вовлеченности специалистов предметной области, поскольку они задействованы в создание контролируемых словарей, регистров базовых объектов, создание бизнес правил для формализованного представления слоя распределенных значений, всех элементов, которые служат основой для интеграции данных с использованием смысловой принадлежности информационных ресурсов. Рассмотрим отдельные особенности взаимодействия по категориям контрагентов государственного сектора.

Информационный обмен в рамках сообщества предметной области

Если контрагенты государственного ведомства соприкасаются с неким сектором деятельности, то можно сказать, что они являются членами одного «сообщества предметной области». Для обмена данными используется согласованная модель предметной области (МПО), в которой определено пространство имен для описания объектов предметной области и операций с ними.

Вторым условием передачи осмысленной информации является однозначная идентификация объекта. В распределенной среде, объединяющей несколько систем, создается механизм синхронизации базовых объектов в виде компонента, выполняющего функцию управления мастер данными (Master Data Management). Семантика обеспечивается в части наименования объектов с помощью схемы данных, а однозначная идентификация посредством мастер данных.

Модель коммуникации представляет собой репрезентацию, поскольку все участники осведомлены составом функций других участников, количество бизнес-процессов и бизнес-правил ограничено.

Организация информационного обмена между предметными сообществами

При организации информационного обмена между участниками разных организованных сообществ применяется иная идеология. Модель предметной области в случае существенного расширения становится громоздкой, поэтому обычно используют другие подходы, такие как расширение модели предметной области путем установления межпредметных связей (Национальная модель обмена информацией США, NIEM) или унификация представления информации, в объектном подходе (Core Architecture Data Model, CADM DODAF).

Промежуточным вариантом моделирования является построение модели верхнего уровня, которая предполагает организацию взаимодействия на уровне абстрактного поставщика и потребителя данных. Примерами такого подхода являются модели Asset Description

Metadata Schema (ADMS) и Statistical Data and Metadata eXchange (SDMX). Рассмотрим модель SDMX, используемую в проектах по индустриализации поставки статистических данных.

Статистическое агентство государства выступает своеобразным узлом обмена данными - агрегатором и поставщиком данных. Органы государственной статистики являются основным источником данных для государственных органов, в задачи которых входит разработка политических решений, их реализация, мониторинг и оценка. Поставщиками данных являются субъекты официального статистического учета.

Спецификация SDMX возникла в результате совместной инициативы ряда международных организаций в 2002 году по выработке правил обмена данными в области статистической информации. Силами участников проекта создана спецификация SDMX, содержащая общие технические и статистические стандарты сбора, хранения и представления данных, описаны требования ИТ-архитектуры

Одним из основных элементов спецификации SDMX является набор формальных объектов, которые описывают участников, процессы и ресурсы статистического обмена.

Набор данных, попадающий в среду обмена должен содержать информацию о Поставщике данных и его Соглашении о поставке. Описание содержания Набора Данных, его тематическая привязка производится с помощью Концепций, вспомогательную роль для описания набора данных играют Категории и Списки Кодов. Гармонизация контента, единая семантика в SDMX обеспечивается с помощью трех основных элементов: межпредметные концепции, общий словарь метаданных и классификатор статистических предметных областей.

Информационная модель позволяет поддерживать единый формат данных, поступающих от разных производителей, что обеспечивает автоматическое взаимодействие систем. Это достигается путем предварительной подготовки данных, описания их метаданными.

Для поставки статистических данных в России разработано две системы: Единая Межведомственная Информационно-Статистическая Система (ЕМИСС, www.fedstat.ru) и ГАС «Управление» (<http://gasu2.ru/>). В ЕМИСС используется стандарт SDMX, в текущей версии ГАС «Управление» построено по принципу разработки технологических карт межсистемного взаимодействия. Технологические карты содержит инвентаризацию данных двух систем для интеграции точка-точка. С увеличением поставщиков и потребителей информации количество соединений стремительно растет. В итоге – одна система реализует публикацию данных в стандартных форматах в машиночитаемом виде, в другой под каждую поставку данных разрабатывается индивидуальный механизм реализации.

Построение и реализация интеграционной модели требует постановки задач следующего уровня абстракции. В модели второго уровня

появляются новые сущности, характерные для уровня организации автоматического взаимодействия и не представленные на уровне локальных систем, такие как набор данных, набор метаданных, потоки данных и метаданных.

Семантика взаимодействия помимо стандартизации наборов данных и метаданных, в части согласованного наименования объектов реализуется путем разработки модели публикации данных для каждой категории участников. Единая идентификация решается путем создания системы регистров: физические лица, юридические лица, адресная система, объекты недвижимости и т.д.

Количество предметных областей в этой категории взаимодействия существенно возрастает, поэтому модель коммуникации отражает не только презентационный слой, но и слой значений, в котором отражаются базовые бизнес-правила участников взаимодействия.

Взаимодействие в слабосвязанной среде

Свой набор проблем возникает, когда нужно организовать информационное взаимодействие с самостоятельными субъектами. Эта категория участников является наименее организованной, их можно и нужно подтолкнуть к самоорганизации.

Один из основных принципов открытого правительства это вовлечение граждан в процесс государственного управления. Сформировалась новая парадигма инноваций корпоративного сектора - инновации от клиентов [10]. Компании рассматривают активных клиентов как источник бесплатных инноваций. В таком подходе есть много элементов, которые целесообразно использовать в государственном секторе: такие как готовность значительного количества граждан вносить свои предложения по модификации сервисов.

Направлений деятельности государственного сектора гораздо больше корпоративного. Дерево целей государства включает международную политику, внутреннюю безопасность, блок социальных целей и ряд других функций. Гражданину или эксперту для результативной коммуникации необходимо иметь хорошую базу, быть в курсе текущего законодательства. Для этого целесообразно задействование технологической поддержки, формализованное представление скрытой части коммуникаций. Отдельное взаимодействие между участниками часто представляет собой специфичный бизнес-процесс. Вместе с тем существует конечное число бизнес-правил, которые являются образующими элементами гибкого процесса. Наличие таких правил в символическом виде, их понимание участвующими сторонами способно существенно повысить качество коммуникаций.

Перспективным направлением сопровождения коммуникаций является формализация правовых норм. Часто участвующие стороны воспринимают правовую область как сложную и непонятную сферу, в которой способны разобраться только эксперты. Перевод опубликованных

правовых норм в формат концепций существительных, фактов деятельности и формирование на этой основе бизнес-правил, позволит получить структурированную интерпретацию намерений регулятора. На основе формализованных бизнес правил формируется исполнение правил в ходе оперативной деятельности [11].

Не только правовая сфера, а более широкий информационный срез представлен в открытых данных. Государственные ведомства имеют информационные системы со значительный объем информации. Публикуя данные в машиночитаемом формате, ведомства создают условия для создания приложений. Открытые данные в руках активистов являются важным рычагом для решения накопившихся проблем.

Приложения на открытых данных и прочая активность граждан в информационном пространстве, в том числе в социальных медиа, являются инструментом для отражения неформальных правил. Модель предметной области подходит для отражения формальных правил. Но как в жизни корпораций, так и в жизни государства значительную роль играют неформальные отношения. Слабосвязанная среда является инструментом для отражения разных событий, в том числе и для событий, реализуемых по неформальным правилам. Поэтому слабосвязанная среда выступает инструментом мониторинга социально-экономической ситуации, социодинамики, а также средством перевода неформальных правил в формальные. Действия по переводу неформальных правил в формальные предопределяются текущей политической и экономической ситуацией: в какие-то моменты времени есть необходимость преследовать фискальные цели и перевести неформальную экономику в формальную, иногда необходимо обеспечить социальную стабильность, упорядочить неформальные отношения путем установления правовых норм и обеспечения правопорядка.

Для выстраивания целостной картины в области государственного управления необходимо реализовывать принципы семантического взаимодействия. Государственное управление устроено таким образом, что разные ведомства оперируют с одними и теми же объектами, совершая с ними разные действия. Поэтому особую значимость имеют связанные данные.

Использование инструмента связывания, способно серьезно повысить эффективность информационного обмена. Например, присвоив уникальный идентификатор определенной компании можно получить последовательность отдельных этапов ее жизненного цикла: регистрация, собрания акционеров, получение лицензий и т.д. Каркасом создания связанных данных является совокупность регистров базовых объектов.

Для интеграции данных в слабосвязанной среде, вебе, инструментом реализации единого пространства имен выступает (RDF/RDFS/OWL), посредством которых создается граф, с описанием объектов и типов связей между ними. При этом сам формат не предполагает использование единой

модели всеми участниками. Поэтому более жестким семантическим условием является использования наряду с RDF/OWL контролируемого словаря, что позволяет обеспечить использование единых концепций с однозначным толкованием. Примерами создания контролируемых словарей для отдельных предметных областей являются Agrovoc, Biotech, Land and Water (FAO), EUROVOC (EU), European Environment Protection Agency (GEMET) и т.д.

Для единой идентификации объектов в вебе используется URI. В RDF приложениях инструментом связывания объектов реализуется путем создания распределенных баз данных в рамках контролируемой среды, как например dbPedia. В вебе с одной стороны предоставлена свобода участникам создавать собственные URI объектам, а с другой стороны ведется работа по использованию единых идентификаторов для базовых объектов, поскольку именно это обеспечивает интеграцию данных. Примеры ресурсов по присваиванию уникальных идентификаторов для корпораций - opencorporates.com, [Legal Entity Identifier - openleis.com](http://LegalEntityIdentifier.openleis.com), European Legislation Identifier - <http://eli.legilux.public.lu/eli> и др.

OMG также движется в сторону семантических методов, развивая SBVR, а в конце 2011 года опубликовала запрос на предложения для спецификации Семантическое информационное моделирование для федерации (SIMF RFP), как метода интеграции для независимых источников данных. Тезис OMG при развитии этих технологий состоит в том, что большинство информационных ресурсов, которые необходимо интегрировать, опубликованы в форматах, отличных от RDF. Поэтому при рассмотрении методов семантической интеграции не стоит ограничиваться методами семантического веба, а учитывать технологии, которые использованы при создании большинства работающих систем.

В SIMF в дополнение к трем традиционным моделям (концептуальная, логическая и физическая) для связывания трех уровней предполагается использовать дополнительную модель: Model Bridging Relation. Эта модель описывает связь между различными наборами элементов, находящимися в одной или в разных моделях, при этом связь может быть определена между моделями разных слоев моделирования или между моделями одного слоя.

С содержательной точки зрения эта модель показывает связь между представлением предметной области на уровне ее описательного изложения в концептуальной модели через определенный контекст логического уровня с процессами, использующими или реализуемыми приложениями. Связывая семантику информации в ее различных представлениях, эта модель является основой для создания федеративной интеграции основанной на семантических принципах.

В статье рассмотрены три категории участников взаимодействия с государственными органами. Первые две категории условно можно отнести к контролируемой среде, они являются базисом для развития методов

интеграции в слабосвязанной среде. Подобно тому, как управление мастер данными является необходимым условием для эффективной обработки больших данных, так и развитие методов интеграции в рамках контролируемой среды является необходимым условием для полноценного развития методов интеграции слабосвязанных систем.

Заключение

Активное использование информационных технологий является тенденцией, которая предопределяет такие важные для развития общества элементы как методы государственного управления. Эффективность реализации технологических проектов во многом предопределяется квалификацией заказчика и возможностями исполнителя. С учетом того, что методы интеграции данных смещаются в семантические методы зависимость от специалистов предметной области, их квалификации будет нарастать. Поэтому необходимо организовывать междисциплинарные площадки, для стандартизации данных предметных областей, выработка контролируемых словарей, формализация базовых бизнес правил.

Литература

1. A. Giordano Data Integration: Blueprint and Modeling Techniques for a Scalable and Sustainable Architecture, IBM Press, 2011
2. ISO 8000 (series). Data quality
3. Hodgson R. An industry perspective on deployed semantic interoperability solutions, SEMIC, TopQuadrant, Athens, 09-04-14
4. Galinski C. Content Interoperability Standardization and harmonization, OASIS, Brussels, 2008-10-10
5. Chapin D. Implementing SBVR with Practitioner's Perspective, Semantic Web Rules, RuleML 2010, Washington, Springer
6. Documents SBVR, <http://www.omg.org/spec/SBVR/1.2>
7. Ю. Липунцов. "Стандартизация данных предметной области Data standardization in Higher School Domain" IT and IT-Education, MSU 2013 Moscow
8. M. Pellegrino, Maintaining the quality of EU statistics while enabling re-use. SEMIC 2013. Dublin: Eurostat.
9. E. Hippel, S. Ogawa, de Jong J., "The age of consumer -innovator" MIT Sloan management Review 2011 53(1) <http://sloanreview.mit.edu/article/the-age-of-the-consumer-innovator>
10. F. Hayek Law, Legislation and Liberty: A New Statement of the Liberal Principles of Justice and Political Economy. Vol. 1: Rules and Order. London, 1973.
11. OMG, Semantic Information Modeling for Federation (SIMF RFP), <http://tinyurl.com/SIMFrfp>
12. S. Kumaran, R.Liu, F.Y. Wu, On the Duality of Information-Centric and Activity-Centric Models of Business Processes, Advanced Information Systems Engineering, 2008/1/1 IBM, Springer

Соболев С.С.¹, Македонский С.Н.²

¹ Национальная ассоциация стратегического аутсорсинга «АСТРА», г. Москва, директор по развитию, ssobolev@astra-partners.ru

² Национальная ассоциация стратегического аутсорсинга «АСТРА», г. Москва, президент, к.с.н., MBA, smakedonski@in4media.ru

Профессиональное образование в области ИТ-аутсорсинга. Осознанная необходимость

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ИТ-аутсорсинг, подготовка и сертификация кадров, IAOP, COP, OBPoK, Outsourcing Professional Standards.


АННОТАЦИЯ

В статье обсуждается значимость подготовки и сертификации профессиональных кадров в области ИТ-аутсорсинга. Описываются сегодняшние тренды подготовки и текущие возможности сертификации.

Организация массовой подготовки и сертификации профессионалов аутсорсинга в России — важнейшая государственная задача, от решения которой ни много ни мало зависит развитие постиндустриального сектора российской экономики - экономики услуг. Уже сегодня на предприятиях как поставляющих, так и потребляющих ИТ-услуги, заметно ощущается нехватка специалистов, имеющих особые знания, навыки и опыт производства, оказания/потребления услуг, постоянного обслуживания заказчиков. Российский рынок ИТ-аутсорсинга пока несоизмерим по масштабам с рынками США и Европы и отстает по уровню развития, по мнению экспертов, на 10–15 лет, однако сегодня он является лидером по темпам роста и в России и в глобальном масштабе. И, если на Западе показатели темпа роста рынка снижаются и составляют всего 2–3% в год, то в России рынок растет на 15-20% в год. Динамично растут как рынок ИТ-аутсорсинга, так и рынок ИТ-услуг в целом, что создает для экономики потенциал перехода к более высокому уровню ведения бизнеса, сосредоточенного на своих основных задачах. Среди тенденций развития российского рынка ИКТ все чаще отмечается активизация спроса на услуги поддержки ИТ-систем, оборудования и инженерных систем, а также на обучение пользователей. Это следствие изменения подходов к информатизации: заказчики переходят от наращивания ИТ-мощностей к развитию эффективности ИТ-инфраструктуры и ресурсов.

На сегодняшний момент существуют различные подходы к определению ИТ- аутсорсинга, который рассматривается как с разных позиций практики аутсорсинга (снижения затрат, качества обслуживания,

набора услуг, доступа к умениям и навыкам, рисков, степени технологической зрелости), так и различных теоретических основ (экономической теории, теории транзакционных издержек, теории управления, теории принятия решений и др.). В целом под ИТ-аутсорсингом понимается передача части или всех ИТ-функций внешнему поставщику услуг на условиях заключенного долгосрочного соглашения. На многих предприятиях, не относящихся к рынку информационных технологий, роль ИТ-подразделения заключается в выполнении важных, но непрофильных функций, обеспечивающих и поддерживающих основную деятельность предприятия. Поэтому ИТ-функции часто рассматриваются как процессы для передачи на аутсорсинг. При этом особое внимание уделяется снижению затрат на ИТ при одновременном обеспечении необходимого уровня производительности, качества, доступности и гибкости ИТ-услуг конечным пользователям.

 The spreadsheet associated with this figure contains additional data.

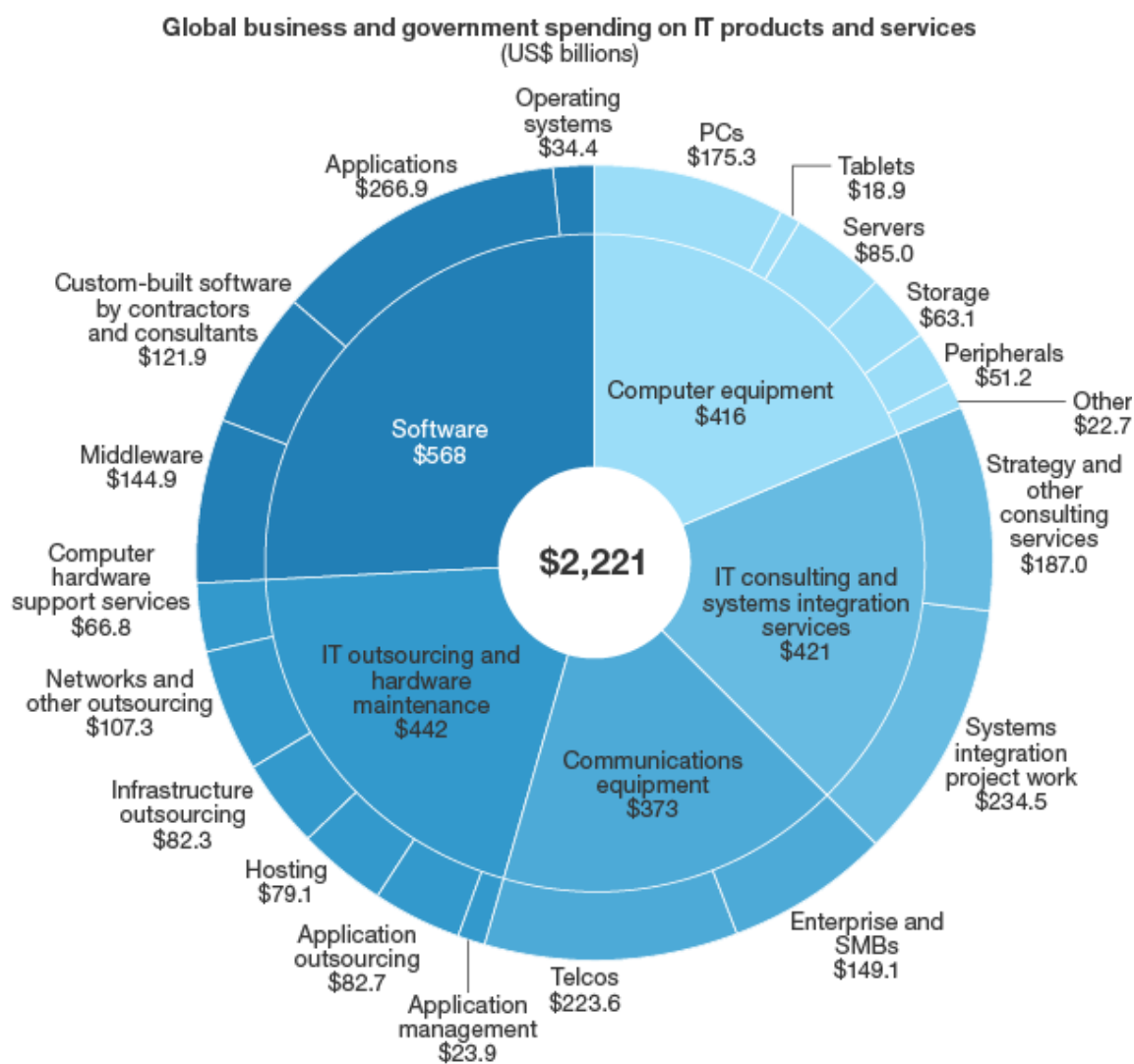


Рис.1. Данные Forrester Research, 2013

Причины перехода на ИТ-аутсорсинг имеют свою специфику - это как оптимизация затрат, так и получение доступа к новым технологиям и профессиональным ресурсам, необходимость роста объемов и улучшение качества ИТ-услуг быстро без увеличения численности персонала; сокращение операционных расходов и обеспечение непрерывности бизнеса. Заказчиками аутсорсинговых услуг являются предприятия нефтегазовой, энергетической и металлургической отраслей, предприятия связи, финансово-кредитные и государственные учреждения, торговые компании, представительства западных компаний.

С точки зрения состава и предмета работ основными видами услуг в области ИТ-аутсорсинга являются:

- телекоммуникационные услуги и обеспечение доступа к вычислительным ресурсам (доступ в Интернет, обработка, хранение и передача данных, видеоконференцсвязь др.);
- техническая поддержка и управление ИТ-инфраструктурой, включая администрирование серверного и системного ПО, вычислительных сетей;
- управление рабочими станциями;
- управление единой службой поддержки пользователей;
- обеспечение информационной безопасности;
- разработка ПО;
- управление и поддержка бизнес-приложений;
- услуги ЦОД (центр обработки данных).

Характер передаваемых на аутсорсинг услуг разнообразен, но среди наиболее востребованных можно выделить три сервиса. Более 40% крупных компаний передают на аутсорсинг развитие бизнес-приложений и интеграцию, за которыми с большим отрывом следуют аутсорсинг поддержки и управления ИТ-инфраструктурой. В числе перспективных направлений аутсорсинга многие компании называют услуги внешнего контакт-центра и облачные вычисления. Если говорить о последнем, то главные преимущества использования облачных технологий – гибкость и прозрачность расходов, а также решение вопроса с ИТ-кадрами, регулярно возникающего при реализации проектов. Облака дают возможность управлять стоимостью вычислительных мощностей исходя из потребностей системы в данную минуту: в момент высокой активности их можно быстро нарастить, а когда в них нет необходимости – просто отказаться, а значит, моментально снизить стоимость использования.

В этом случае на начальном этапе от заказчика не требуется больших вложений. По разным оценкам, в 2012 г. рынок Cloud Computing скачкообразно вырос на 30–40%. И несмотря на то что облачные технологии используются не так широко, как хотелось бы, сегодня они представлены в портфеле практически каждого крупного системного интегратора. В целом облачный ИТ-аутсорсинг набирает обороты,

предприятия осознали плюсы вывода непрофильной деятельности из структуры бизнеса. Мобильные приложения, созданные на облаках, постепенно будут становиться неотъемлемой частью корпоративной культуры и развиваться пропорционально рынку облачных сервисов, в первую очередь у предприятий SMB-сектора.

С одной стороны, объективные глобальные тренды — глобализация экономики и быстрый рост аутсорсинга — заставляют компании во всем мире признать, что у них существует взрывной рост спроса на сотрудников-профессионалов, которые могут эффективно возглавлять инициативы аутсорсинга от начала и до конца. С другой — локально, в России, «молодость» индустрии аутсорсинга, к сожалению, затянута ввиду отсутствия рыночной конкуренции. А на этапе формирования и становления любой сектор рынка требует опережающей подготовки и сертификации профессиональных кадров.

Также ни для кого не секрет, что важными содержательными показателями уровня организационной и профессиональной зрелости поставщиков и потребителей услуг являются характеристики, связанные с подготовкой персонала, включая долю профессионалов аутсорсинга от общего числа сотрудников, наличие соответствующих сертификатов как у предприятия в целом, так и у отдельных сотрудников, использование в работе международных методологий и индустриальных стандартов качества. На сегодняшний день существует не так много международно признанные сертификатов, с помощью которых профессионалы могут подтвердить свою квалификацию и четко обозначить на рынке свое лидерство в сфере аутсорсинга. Всего две организации IAOP (International Association of Outsourcing Professional, штаб-квартира в США) и NOA (National Outsourcing Association, Великобритания), которые формализовали требования к профессионалам аутсорсинга и запустили собственные программы обучения и сертификации профессионалов аутсорсинга. При этом ассоциация IAOP является наиболее активной и действительно международной, объединяя уже более 120 тыс. организаций и профессионалов аутсорсинга. Деятельность ассоциации NOA ограничена рынком Великобритании и некоторых стран Европы (через дочернюю ассоциацию EOA). Стоит также отметить, что при Massachusetts Institute of Technology тема аутсорсинга выделена в отдельное магистрское направление.

Специализированное профессиональное обучение и сертификация проводится для трех основных категорий сотрудников предприятий:

- руководители и топ-менеджеры (Corner Office) — линейка сертификатов COE (Certified Outsourcing Executive);
- менеджеры и управленцы (Front Office), ответственные за разработку, осуществление и управление отношениями аутсорсинга — линейка сертификатов COP (Certified Outsourcing Professional);

- специалисты (Back Office), участвующие в командах разработки, внедрения и управления отношениями аутсорсинга, — линейка сертификатов COS (Certified Outsourcing Specialist);

Внутри каждой линейки сертификатов имеются учебные подпрограммы с различными вариантами специализации. Так, кроме базового и наиболее распространенного сертификата COP, существуют его разновидности:

- a-COP — Associate COP (Ассоциированный специалист);
- COP-GOV — COP Governance (Управление аутсорсингом);
- COP-BD — COP Business Development (Развитие бизнеса).

Большую роль в формировании сервисного управления в сфере ИТ сыграли концепция ITSM и свод лучших практик ITIL. В России данный подход начал активно развиваться и применяться на практике с начала 2000-х гг. За прошедшие 14 лет использование рекомендаций ITIL/ITSM помогло многим российским предприятиям превратить службы и отделы ИТ в полноценных и эффективных поставщиков ИТ-услуг для своих внутренних подразделений. Для перехода на качественно новый уровень управления ИТ-услугами и для организации взаимодействия и повышения эффективности работы с внешними поставщиками российским предприятиям и рынку в целом необходимо делать следующий шаг.

А именно, необходимо как можно быстрее адаптировать, изучить и начать применять на практике уже имеющиеся на рынке международные стандарты и лучшие практики аутсорсинга. В основе же корпоративных и профессиональных программ обучения IAOP лежат профессиональные стандарты аутсорсинга — Outsourcing Professional Standards (OPS). Эти стандарты содержат более 100 конкретных областей знаний, опыта и мастерства, необходимых менеджерам и специалистам для успеха аутсорсинга. Тезисы стандартов разрабатываются и поддерживаются международным сообществом экспертов в рамках Совета по стандартам аутсорсинга IAOP. Данные стандарты и лучшие практики аутсорсинга собраны в специальное издание The Outsourcing Professional Body of Knowledge (OPBoK), которое представляет собой руководство по реализации профессиональных стандартов аутсорсинга. OPBoK содержит подробную информацию о том, как разработать, внедрить и управлять аутсорсингом, а также ряд шаблонов, которые применяются на практике. OPBoK постоянно развивается — каждые 1-2 года выходит новая, обновленная и дополненная версия свода знаний.

Три ключевых положения OPBoK, вытекающих из самого определения аутсорсинга:

1. Аутсорсинг является общим инструментом бизнеса, не зависящим от специфики вовлеченных бизнес-процессов (ИТО или ВРО) и от отраслевой специализации заказчика;

2. Так как любая услуга существует только в момент её

предоставления-получения, базовые принципы аутсорсинга по ОРВоК преподаются одинаково как для поставщиков, так и для потребителей услуг;

3. ОРВоК описывает лучшие практики и опыт взаимоотношений по предоставлению/получению услуг между двумя организациями. При этом, конечно, их можно использовать и при различных вариантах «движения к аутсорсингу», а именно — «инсорсинга», общих центров обслуживания (ОЦО) и др.

Как общий и инвариантный бизнес-инструмент, дисциплина «Аутсорсинг» похожа на дисциплину «Управление проектами» с той разницей, что РМВоК описывает стандарты и лучшие практики любой «временной деятельности», а ОРВоК — стандарты и лучшие практики «постоянной деятельности» предприятия.

В мире быстро растет потребность в профессионалах аутсорсинга, особенно в странах с динамично развивающимися экономиками. Кроме того, вследствие появления и развития новых глобальных центров аутсорсинга растёт конкуренция среди поставщиков услуг. Лидеры роста, особенно страны BRIC, испытывают все возрастающую потребность в дифференциации через профессиональную сертификацию на уровне специалистов и управленцев, процессов в сфере аутсорсинга.

Важность развития индустрии аутсорсинга и подготовки профессиональных кадров хорошо понимают и активно поддерживают на государственном уровне во всех странах BRIC. Подготовка профессионалов аутсорсинга в Бразилии, Индии и Китае, а также в Малайзии, Сингапуре и Чили проводится при государственной поддержке и финансировании. По данным IAOP в Китае до конца 2015 года на государственные средства планируется подготовить 1,2 млн. сертифицированных специалистов по аутсорсингу. В Малайзии поставлена цель обучить 20 тыс. сертифицированных специалистов по аутсорсингу бизнес-процессов в эти же сроки.

Большинство глобальных компаний, включая Accenture, American Express, Capgemini, Capital One, Diebold, Xerox, Hewlett Packard, Infosys, Johnson & Johnson, NCR, Orange Business Services, Pfizer, PwC, Procter & Gamble, SAB Miller, Sun Microsystems, Symantec, Unisys, Whirlpool, Wipro, Xerox, Zurich Financial Services и др., активно содействуют сертификации собственного сервисного и консультационного персонала для получения конкурентных преимуществ в глобальной индустрии аутсорсинга. И сегодня благодаря усилиям Российской ассоциации стратегического аутсорсинга «АСТРА» в Казанском федеральном университете открыта первая в России лаборатория аутсорсинга с перспективой преобразования в специализированную кафедру.

Литература

1. Дж. Брайан Хейвуд. Аутсорсинг: в поисках конкурентных преимуществ = Outsourcing Dilemma, The: The Search for Competitiveness. — М.: «Вильямс», 2004. — С. 176.
2. IAOP. URL: <http://www.iaop.org/Content/19/206/3040/Default.aspx>
3. NOA. URL: <http://www.noa.co.uk/>
4. Аалдерс Роб ИТ аутсорсинг. Практическое руководство. - Москва : Альпина Бизнес Бук, 2004. - 297 с.
5. Статья в журнале СЮ «Сергей Македонский: «Юность аутсорсинга в России затянулась», 2013.
6. Статья в журнале CONNECT «ИТ-аутсорсинг: ожидания рынка», 2013
7. Ежегодный информационно-аналитический отчет «Российская индустрия аутсорсинга, 2011»
8. Аналитический отчет Forrester Research «A Market Insights Professional's Introduction To European Information And Communications Technology Market 2011 To 2012», 2012.

Оглавление

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	3
<i>Моисеев Е.И., Ложкин С.А., Тихомиров В.В.</i>	
Наиболее значимые результаты факультета ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова по программе «Стратегические информационные технологии»	4
<i>Колин К.К.</i>	
Философия информации и современное научное мировоззрение.....	13
<i>Алешин С.В.</i>	
Алгебраические системы конечных автоматов.....	21
<i>Аншина М.Л.</i>	
Обзор основных тенденций современных ИТ: облачные сервисы, мобильность и большие данные.....	30
<i>Ким А.К., Бычков И.Н., Волконский В.Ю., Воробушков В.В., Груздов Ф.А., Михайлов М.С., Нейман-заде М.И., Парахин Ю.Н., Семенухин С.В., Слесарев М.В., Фельдман В.М.</i>	
Российские технологии «Эльбрус» для персональных компьютеров, серверов и суперкомпьютеров.....	39
<i>Сухомлин В.А., Храпов Н.П.</i>	
Применение облачных технологий для обучения грид-системам из персональных компьютеров.....	51
<i>Паринов О.О.</i>	
Роль сервиса «Mail.Ru для образования» в информатизации и автоматизации современного высшего учебного заведения.....	59
<i>Ромасевич П.В., Ромашкина Е.А., Смирнова Е.В., Шибанов В.А.</i>	
Формирование благоприятной информационно-образовательной среды для подготовки квалифицированных специалистов по сетевым технологиям от компании D-Link.....	64
<i>Гимранов Р.Д.</i>	
Информационные модели предприятия в реализации технологии in-memory data management.....	75
<i>Шикова Ю.</i>	
Облачное обучение и облачный преподаватель.....	80
СЕКЦИЯ 1. ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ: МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	85
<i>Тихомиров В.В.</i>	
О проектировании национальной системы квалификаций в области ИКТ.....	86
<i>Монахов В.М.</i>	
ИТ-образование и некоторые вопросы эволюции отечественной методической системы обучения математике, обеспечивающие технологизацию учебного процесса.....	100
<i>Емельченков Е.П., Мунерман В.И., Самойлова Т.А.</i>	
О содержании учебного курса «Гибридные приложения для мобильных устройств».....	107
<i>Комаров А.И., Панченко В.М., Нечаев В.В.</i>	
Роль системы данных и знаний в обеспечении ИТ-образования.....	116
<i>Овчинникова И.Г., Курзаева Л.В., Захарова Т.В.</i>	
Разработка модульных образовательных программ на примере направления подготовки 230700.62 Прикладная информатика.....	126
<i>Орлова Н.В.</i>	

Методы и технологии обучения IT-специалистов синтезу 3D-изображений и разработке 3D-туров.....	140
<i>Губина Т.Н.</i>	
Один из подходов к формированию компетентности будущих учителей в области образовательных веб-сервисов.....	145
<i>Латыпова О.Ю.</i>	
Система непрерывного профессионального образования IT-специалистов для ОАО «Сургутнефтегаз».....	151
<i>Захарова И.В., Кузенков О.А., Солдатенко И.С.</i>	
Проект MetaMath программы Темпус: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах.....	159
СЕКЦИЯ 2. E-LEARNING, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ	172
<i>Алексеева В.О., Малкина М.Г.</i>	
Проблема качества электронных образовательных ресурсов и их эффективного использования.....	173
<i>Зеленко Л.С.</i>	
Единое информационное образовательное пространство «Школа информатики СГАУ».....	183
<i>Баженова И.Ю.</i>	
Особенности обучения языкам программирования при дистанционной форме образования	190
<i>Горохова Л.А., Горохов В.Ю.</i>	
О возможности реализации технологий дополненной реальности и гео-обучения в образовательном процессе.....	197
<i>Кадан А.М., Кадан М.А.</i>	
Архитектура и функциональность интерактивного Internet-сервиса для компьютерного контроля знаний в области математики.....	206
<i>Токтарова В.И., Благова А.Д.</i>	
Разработка и реализация компьютерной обучающей системы по программированию мобильных приложений.....	215
<i>Чиркова Л.Н., Борщик Л.Н.</i>	
К вопросу о развитии дидактики в условиях электронного образования.....	221
СЕКЦИЯ 3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЛУЧШАЯ ПРАКТИКА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ	229
<i>Татаринов В.В.</i>	
Разработка комплексных дисциплин для учебных ситуационных центров.....	230
<i>Секованов В.С.</i>	
Обучение фрактальной геометрии как средство формирования креативности и компетентности школьников и студентов.....	238
<i>Семенова Е.Е., Светова Н.Ю.</i>	
Информационно-аналитическая система разработки учебных планов.....	244
<i>Шибанов В.А.</i>	
Учебные курсы компании D-Link по подготовке программистов встроенных систем на основе Linux.....	256
<i>Галимов И.А., Дацун Н.Н., Уразаева Л.Ю., Уразаева Н.Ю.</i>	

Интеллектуальная деятельность в сфере разработки ИТ-продуктов для образования.....	261
<i>Пономарева Ю.С.</i>	
Построение содержания дисциплины «Технологии интернет-обучения» при подготовке бакалавров по направлению «Педагогическое образование».....	269
<i>Лапонина О.Р.</i>	
Обучение технологиям обеспечения сетевой безопасности.....	275
<i>Губин М.А., Таранова Е.И.</i>	
Разработка Интернет-портала олимпиад средствами технологии ASP.NET MVC	280
<i>Симуни М.Л.</i>	
Система для поддержки использования комментариев и содержательных имен переменных при обучении программированию.....	289
<i>Ермилова А.В., Рублев В.С.</i>	
Проблемы развития математического мышления учащихся на примере обучающей системы «Алгоритмы и анализ сложности»	297
СЕКЦИЯ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	305
<i>Намиот Д.Е.</i>	
Доступ к локальным данным на основе информации о сетевой близости	306
<i>Павлова А.И.</i>	
Применение нейронной экспертной системы и ГИС для классификации эрозионных земель.....	312
<i>Актаева А.У., Илипбаева Л.Б.</i>	
Инновационные технологии в системе информационной безопасности: квантовые технологии.....	320
<i>Романов В.Ю.</i>	
Использование шаблонов пакетов при извлечении архитектуры программных систем.....	327
<i>Коротченко Е.А.</i>	
Применение адаптационного механизма использования относительных оценок в методологии скрам для реализации IT-проектов.....	334
<i>Астахова И.Ф., Ушаков С.А.</i>	
Применение искусственных иммунных систем для выбора поведения автономным роботом.....	342
<i>Шумская Е.А.</i>	
Использование технологии объектно-реляционного отображения при разработке конвертера учебных курсов.....	348
<i>Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Онуфриенко В.В.</i>	
Анализ стохастических сетевых графиков методом имитационного моделирования.....	355
СЕКЦИЯ 5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ	366
<i>Васильев И., Гайдамака Ю.В., Самуйлов А.К.</i>	
Анализ вероятности непрерывного воспроизведения потокового видео в P2P-сети с помощью имитационного моделирования.....	367
<i>Гудкова И.А., Острикова Д.Ю.</i>	

К анализу среднего числа пользователей, ожидающих начала обслуживания, в модели сети LTE с временным выделением полосы частот.....	376
<i>Зарядов И.С., Горбунова А.В.</i>	
Анализ характеристик системы массового обслуживания с двумя входящими потоками, относительным приоритетом и сбросом	388
<i>Печинкин А.В., Гайдамака Ю.В., Сопин Э.С., Таланова М.О.</i>	
Анализ показателей эффективности функционирования системы облачных вычислений с динамическим масштабированием.....	395
<i>Самуйлов К.Е., Гайдамака Ю.В., Таланова М.О., Павлоцкий О.Э.</i>	
Имитационная модель SIP-сервера с гистерезисным управлением входящим потоком при алгоритме Loss-Based Overload Control	407
<i>Самуйлов К.Е., Маркова Е.В.</i>	
К приближенному анализу вероятности блокировки для модели схемы доступа с индивидуальными потолками скорости передачи эластичного трафика в сети LTE	417
<i>Сметанин Ю.Г., Ульянов М.В.</i>	
Энтропийные характеристики разнообразия в символьном представлении временных рядов.....	426
<i>Копылов Н.А.</i>	
Квантовый стохастический однокубитовый нейрон.....	437
<i>Шилов Н.В., Шилова С.О., Бернштейн А.Ю.</i>	
Обобщенная тотальность недетерминированных схем Янова и разрешимость программной логики с неподвижными точками.....	444
<i>Ромасевич П.В.</i>	
Оценка необходимой канальной емкости телекоммуникационной системы с ограниченной буферной памятью в условиях самоподобного трафика.....	456
<i>Ромасевич Е.П.</i>	
Исследование влияния передачи трафика IPv6 на работоспособность сети MetroEthernet на основе имитационной модели.....	461
СЕКЦИЯ 6. НАУЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ.....	471
<i>Васильев А.Н., Тархов Д.А.</i>	
Параметрические нейросетевые модели построения регуляризации решения задачи идентификации в экологии	472
<i>Васильев А.Н., Тархов Д.А., Шемякина Т.А.</i>	
Гибридный метод построения параметрической нейросетевой модели катализатора.....	476
<i>Васильев А.Н., Осипов В.П.</i>	
Традиционное и нейросетевое моделирование Больших Транспортных Систем	485
<i>Родионов В.И., Родионова Н.В.</i>	
О применении многомерных сплайнов при численном решении задач математической физики на примере простейшего уравнения теплопроводности.....	490
<i>Семененко М.Г.</i>	
Разработка функций пользователя в Excel 2013: приложения нечеткой логики	503
<i>Шафран Ю.В., Бутенко М.А., Кузьмин Н.М., Хоперсков А.В.</i>	
Программное обеспечение для оптимизации системы вентиляции крупных промышленных цехов.....	509

Ишакова Е.Н.

Программная реализация факторного анализа образовательных рисков.....518

СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ524

Бочаров М.И., Симонова И.В.

Анализ методического обеспечения информационной безопасности развивающейся личности в условиях глобальной массовой коммуникации современного общества..... 525

СЕКЦИЯ 8. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ГРИД-ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ.....533

Захаров В.Н., Мунерман В.И.

Модели и методы параллельной обработки структурированных больших данных..... 534

Мунерман В.И., Мунерман Д.В., Сеницын И.Н., Чуляев И.И.

Параллельная реализация задач интегрированной логистической поддержки (CALS)..... 548

Рудь М.Н.

Система локализации для автономного мобильного робота с использованием технологии CUDA..... 555

СЕКЦИЯ 9. ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ564

Борискина Ю.М.

Изменение культуры письменной коммуникации под влиянием ИКТ.....565

Давлеткиреева Л.З., Скокова И.К.

Инновационные информационно-педагогические технологии в образовании: опыт проведения ежегодной одноименной Интернет-конференции-конкурса 573

Копылова Н.А., Урганов В.А.

Опыт организации сетевого взаимодействия вузов города Рязани.....586

Корчажкина О.М.

Вербализация целей учебно-познавательной деятельности учащихся с использованием новых информационных технологий при оценке эффективности обучения 598

Коротченко Е.А., Гейне И.А.

Интеллект-карты в технологии кадрового продюсирования как средство повышения эффективности образовательного процесса 607

Кузнецова Е.В.

Некоторые аспекты применения информационно-коммуникационных технологий в подготовке студентов направления «Прикладная математика».....615

Лыткина Е.А., Чиркова Л.Н.

Опыт проектирования структуры и содержания электронного дистанционного курса с учетом компетентностной модели выпускников технических направлений подготовки..... 624

Макашова В.Н., Чусавитина Г.Н.

Модернизация ИТ-инфраструктуры образовательных учреждений в целях обеспечения информационной безопасности..... 632

Масленникова О.Е.

Анализ современного состояния исследований по проблеме разработки региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров.....	639
<i>Назарова О.Б.</i>	
Разработка региональной модели индивидуальной траектории профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем как научная проблема.....	651
<i>Петеляк В.Е.</i>	
Проблема незрелости системы профессионального развития бакалавров и магистров для реализации стадий создания автоматизированных систем.....	664
<i>Чернова Е.В., Гиляжева Г.З.</i>	
Формирование толерантного мировоззрения у учащихся для профилактики киберэкстремизма в условиях поликонфессионального и многонационального общества.....	671
<i>Чиркова Л.Н., Глотова А.Г.</i>	
Специфика электронного дистанционного курса для бакалавров заочной формы обучения строительных направлений подготовки по дисциплине «Компьютерная графика» с учетом особенностей их будущей работы в условиях Арктического региона.....	682
<i>Амиров Д.Ф., Мкртчян В.С., Мохова О.М.З</i>	
Проектирование электронной ресурсной базы виртуальной образовательной среды вуза.....	692
<i>Марценюк М.А., Селетков И.П.</i>	
Модель нечеткого автомата для оценки успеваемости студента.....	703
<i>Чиркова Л.Н., Богданов А.А.</i>	
Формирование и развитие профессиональных компетентностей личности в системе непрерывного ИТ-образования (на примере содержания образования по фрактальной геометрии).....	715
СЕКЦИЯ 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	726
<i>Веремей Е.И.</i>	
Спектральное представление оптимальных регуляторов в задачах среднеквадратичного синтеза.....	727
<i>Веремей Е.И., Сотникова М.В.</i>	
Многоцелевой закон управления подвижным объектом с использованием визуальной информации в контуре обратной связи.....	741
<i>Фараонов А.В.</i>	
Ситуационные центры как инструмент оценки подготовки специалистов и эффективности принятия решения.....	752
<i>Васильева Е.В., Хуснетдинова В.Р.</i>	
Особенности проектирования геоинформационного модуля для анализа экологических нарушений в информационной системе ФГИС «Наша природа».....	762
<i>Вэй Ян Лвин</i>	
Алгоритмы работы многофункционального комплекса БПЛА.....	772
<i>Селезнева О.В., Николаев А.В.</i>	
Сравнение алгоритмов выделения связанных областей, реализованных с использованием платформы CUDA.....	778
<i>Абдушукуров Д.В.</i>	

Параметрический анализ допустимых ошибок параметров в системах управления устройствами ускорения и фокусировки заряженных частиц.....	786
<i>Севостьянов Р.А., Попов А.П.</i>	
Опыт создания стендов удаленного доступа для проведения школьных лабораторных работ по физике.....	792
<i>Шнепс-Шнеппе М.А., Сухомлин В.А., Намиот Д.Е.</i>	
Телекоммуникации в системах управления поддержки экстренных и военных нужд: анализ сетей NG9-1-1 и GIG.....	799
<i>Скрипачев В.О., Назаренко А.С., Пирхавка А.П., Полушковский Ю.А., Яковлев О.В.</i>	
Комплексирование информационных ресурсов для мониторинга ионосферы	813
СЕКЦИЯ 11. БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ	819
<i>Чочиа П.А.</i>	
Модификация модели и алгоритмов обработки при переходе от двумерных к трехмерным изображениям.....	820
<i>Чочиа П.А.</i>	
Обработка видеоданных, получаемых компьютерным капилляроскопом.....	834
<i>Истомина С.Н.</i>	
Исследование математической модели одного типа регуляции экспрессии генов на основе оптимального планирования	847
<i>Латкин И.В., Селиверстов А.В.</i>	
О сложности фрагментов теории поля комплексных чисел.....	849
<i>Беляков Д.В.</i>	
Имитационное моделирование спуска осесимметричного авторотирующего тела в квазистатической среде.....	856
<i>Зверков О.А., Рубанов Л.И., Селиверстов А.В.</i>	
Поиск ультраконсервативных элементов у простейших типа Aricomplexa.....	865
<i>Рудаков И.А.</i>	
Бесконечное число периодических решений большой амплитуды квазилинейного волнового уравнения с непостоянными коэффициентами.....	871
<i>Гагарин А.П.</i>	
Интеграция технологий проектирования и технологий управления проектами в области программного обеспечения “систем-систем”	876
СЕКЦИЯ 12. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА.....	884
<i>Зиндер Е.З.</i>	
Информационные пространства: генезис требований к фундаментальным свойствам	885
<i>Лугачев М.И.</i>	
Экономическая информатика в университетском образовании России.....	897
<i>Середенко Е.С.</i>	
Анализ экономической эффективности решений класса Big Data в коммерческом банке.....	910
<i>Гвоздева Г.П., Гвоздев С.Е.</i>	
Информационные технологии для приобретения навыков научно-исследовательской деятельности студентами вузов социально-экономического профиля	917
<i>Егоров Г.В.</i>	
Дистанционное IT образование и становление профессионала.....	926
<i>Липунцов Ю. П.</i>	

Два уровня коммуникаций: значение и представление	938
<i>Соболев С.С.1, Македонский С.Н.2</i>	
Профессиональное образование в области ИТ-аутсорсинга. Осознанная необходимость.....	947

Отпечатано в типографии
ЗАО «Новые печатные технологии»
тел.: +7 (495) 223-92-00
info@web2book.ru, www.web2book.ru