

5. Разделить полученные в п.4 оценки на новую оценку ресурса Q .

6. Для ресурсов из N пересчитать оценки по формуле

$$w_{j\text{new}} = \frac{p_j}{p_j + 1} \cdot w_{j\text{old}} + \frac{1}{p_j + 1} \cdot w_j, \text{ где } w_{j\text{old}} - \text{старая оценка ресурса } j, w_j -$$

новая оценка, полученная в группе N , p_j - количество экспертов, оценивавших ресурс j

7. Увеличить количество экспертов p_j на единицу.

8. Нормировать все оценки в группе M по их сумме.

9. Сохранить полученные результаты как оценки ЭУР в данной группе.

Получаемые в результате работы алгоритмов интегральные относительные оценки группы однотипных ЭУР обеспечивают их ранжирование внутри этой группы.

В случае, когда эксперты при выполнении парных сравнений формируют согласованные матрицы оценок результаты, полученные при применении алгоритма 2 и алгоритма 3, совпадают с результатами, которые могли бы быть получены при применении алгоритма 1 для всей совокупности однотипных ЭУР.

С нашей точки зрения, разработанная система может быть в первую очередь инструментом, позволяющим аккумулировать фактографическую и оценочную информацию относительно ЭУР, которой обладают использующие эти ресурсы преподаватели, и делающим такую информацию общедоступной для всех заинтересованных пользователей.

Литература

1. Иванников А.Д., Булгаков М.В., Гридина Е.Г., Якивчук Е.Е. и др. Стандарт ГНИИ ИТТ "Информика". Метаданные информационных образовательных ресурсов для интернет-каталогов. М. ГНИИ "Информика", 2004. 89 с.

2. Открытое образование: стандартизация описания информационных ресурсов / Е.И.Горбунова, С.Л.Лобачев, А.А.Малых, А.В.Манцивода, А.А.Поляков, В.И.Солдаткин; Отв. ред. С.Л.Лобачев и А.В.Манцивода. М. РИЦ «Альфа» МГОПУ им. М.А.Шолохова, 2003. 215 с.

3. Вострокнутов И. Е. Теория и технология оценки качества программных средств учебного назначения. М.: Госкоорцентр информационных технологий, 2001.

4. Сиговцев Г.С., Чарута М.А. О классификации и оценке цифровых образовательных ресурсов. Дистанционное и виртуальное обучение, 2009, № 11. С. 24-33.

5. Бабешко В.Н., Нежурина М.И. Система оценки качества программных комплексов для дистанционного обучения М.: ЦДО МИЭМ; Европейский центр по качеству, 2004. 178 с.

6. Сиговцев Г.С., Чарута М.А. Методика оценивания учебных ресурсов. Материалы научно-методической конференции «Университеты в образовательном пространстве региона: опыт, традиции и инновации». Петрозаводск, 2010. Ч.II. С. 178-183.

7. Добрецова К. В., Сиговцев Г.С., Чарута М.А. Информационная система для описания и оценивания учебных ресурсов. Материалы V конференции «Информационная среда вуза XXI века». Петрозаводск, 2011. С. 76-78.

8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 316 с.

9. Чарута М.А. О сравнительном экспертном оценивании учебных ресурсов. Тр. XIX Всероссийской научно-методической конференции «Телематика 2012». Т. 1. С. 104-105.

Симонова Е.В.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»,

к.т.н., доцент

Simonova.Elena.V@gmail.com

Обучение распределенному решению сложных задач на основе мультиагентного подхода

Аннотация

В статье предлагается эволюционный подход к решению задачи о восьми ферзях, базирующийся на использовании разработанной мультиагентной платформы для решения сложных задач. Разработанная система предлагается в рамках учебного курса студентам, изучающим информационные технологии, а также начинающим разработчикам мультиагентных систем в качестве методического базиса для создания систем распределенного интеллекта.

1 Мультиагентные технологии как новый этап в развитии информационных технологий.

Новый этап в развитии информационных технологий связывается с мультиагентными технологиями, которые по своему потенциалу призваны в скором времени выйти на уровень нано- и биотехнологий. Мультиагентные технологии получили интенсивное развитие в последние десятилетия на стыке методов искусственного интеллекта, объектно-ориентированного программирования, параллельных вычислений и телекоммуникаций. Мультиагентные технологии реализуют новый подход к решению задач оперативной обработки информации в процессах принятия решений в широком спектре предметных областей. Мультиагентная система (МАС) состоит из автономных программных агентов, способных воспринимать ситуацию, принимать решения и взаимодействовать с себе подобными [1-4].

Решение любой сложной задачи в такой системе может формироваться эволюционным путем, по мере возникновения внешних и внутренних событий, за счет взаимодействия десятков и сотен тысяч агентов, непрерывно конкурирующих и кооперирующихся друг с другом. В таком подходе очень трудно или даже невозможно просчитать заранее все последствия принятия агентом того или иного решения на текущем шаге, например, в силу комбинаторно растущей сложности вычислений. Поэтому обычно принимается решение (делается «проба»), которое позволяет улучшить ситуацию, а далее это решение пересматривается при первой же возможности, поскольку этот процесс меняет условия для других агентов, что приводит к новым ситуациям. Фактически, при таком подходе решение

задачи находится методом «проб и ошибок», что оказывается очень близко подходу людей к решению сложных задач. Такой подход позволяет решать на практике задачи самой высокой сложности, не поддающиеся решению другими способами, например, в области планирования и оптимизации ресурсов в реальном времени [5].

В настоящей статье предлагается использовать задачу о восьми ферзях [6] в качестве методического базиса для практического обучения программистов в учебных приложениях, демонстрирующих возможности применения эволюционных вычислений для решения сложных задач. Вот уже в течение нескольких лет в процессе преподавания учебного курса по мультиагентным системам мы даем эту задачу программистам, которые осваивают мультиагентный подход к решению сложных задач, например, динамического планирования, логистики и даже понимания текстов. При этом для решения задачи о восьми ферзях вместо классического переборного решения предлагается создать агентов ферзей, которые выбирают направление для ухода из-под боя либо случайно, либо в результате переговоров.

В настоящей статье мы опишем данную задачу и предлагаемый нами мультиагентный подход к ее решению, а также представим инструментальную среду программирования для решения таких сложных задач. Далее мы проведем серию экспериментов, показывающих, как привлечение интеллекта и переговоров в логику принятия решения агентами улучшает скорость сходимости решения и дает важные конкурентные преимущества системам рассматриваемого класса.

Важно заметить, что рассматриваемый класс задач и решений может быть расширен на важные задачи многокритериального планирования и оптимизации ресурсов, распознавания образов, понимания текстов, извлечения знаний и многие другие сложные задачи, для которых до сих пор нет никакого общего решения.

2 Задача о восьми ферзях и методы ее решения.

Задача о расстановке 8 ферзей заключается в том, чтобы расставить на шахматной доске размером 8 на 8 клеток фигуры восьми ферзей так, чтобы они не били друг друга. В литературе известны различные классические алгоритмы [6-8], реализующие традиционный комбинаторный перебор для поиска решений этой задачи, – однако, они имеют ряд ограничений, применимы только для восьми фигур ферзей, долго работают для поиска решений, весьма сложны и трудно модифицируемы и т.д.

Мы хотим видоизменить и еще более усложнить постановку задачи и за счет применения мультиагентного подхода при решении данной задачи дополнительно обеспечить для обучаемых следующие важные новые возможности [9]:

- изменять саму постановку задачи и вводить новые классы фигур и схем их взаимодействия, чтобы показать возможности усложнения

постановки задачи без кардинальной перестройки метода решения задачи и перепрограммирования системы;

- прямо в ходе решения задачи, в реальном времени, динамически вводить в игру экземпляры новых фигур или, наоборот, выводить фигуры из игры для показа возможности пользователя вмешиваться в процесс работы системы и изменять ситуацию на доске и условия задачи в реальном времени;

- изменять предпочтения или ограничения любого агента, например, ограничивать возможность перехода выбранных фигур прямо в процессе их расстановки в целях демонстрации возможностей индивидуального подхода к каждому агенту;

- показать, как расширяется спектр взаимодействий системы с пользователем, когда, в отличие от обычной программы, система предлагает решение, которое он может улучшить вручную, на каждый шаг оператора система может отвечать своими ходами, как в игре, достраивая решение;

- ввести ограничение по времени поиска решения, чтобы система запоминала промежуточные успешные решения и, если время вышло, выдавала пользователю, хотя бы, лучшее частичное решение, в данном случае, с минимумом конфликтов;

- показать возможности для программистов наращивать интеллект агентов и изменять логику принятия решений без полной перестройки системы.

Развиваемый нами мультиагентный подход позволяет создавать системы распределенного интеллекта, в которых решение достигается через взаимодействие множества автономных агентов. Для задачи о восьми ферзях при таком подходе к решению также нет одного «командного» центра, который анализирует ситуацию на доске и решает для каждого ферзя, куда ходить. Напротив, от имени и по поручению каждого ферзя действует его автономный программный агент, при этом агенты, являясь машинами состояний (и фактически сопрограммами), по очереди получают от диспетчера управление на каждом шаге работы системы. Агент каждого ферзя сам решает, куда ему пойти. Лучшие решения, получаемые в ходе работы системы, запоминаются, т.е. если истекло время, отпущенное на решение, у оператора остаются варианты, хотя бы, частичного решения задачи.

Такой метод достаточно быстро находит начальное «грубое» решение на основе тех предпочтений, которым следуют агенты, хотя это решение может быть частичным и неполным с точки зрения удовлетворения всех критериев, например, иметь много нерешенных конфликтов. Затем агенты начинают улучшать решение путем выявления и разрешения конфликтов между участниками процесса поиска решения. При размещении шахматных фигур конфликт возникает, когда одна фигура атакует другую. Поэтому задача состоит в том, чтобы, основываясь на некотором начальном

размещении фигур, разрешить все конфликты и определить такое размещение фигур, которое исключит конфликты.

При этом фигуры могут выбирать очередной шаг решения на основе одной из двух стратегий – случайного выбора хода или переговоров между фигурами в случае конфликтов:

Агенты принимают решения случайно: когда фигура обнаруживает конфликт, возникающий в ситуации, если она находится под боем другой фигуры, либо сама бьет другую фигуру (например, ферзь может не бить коня, но находится под его угрозой), определяются свободные клетки для перехода и фигура случайным образом выбирает одну из этих клеток.

Агенты принимают решения на основе переговоров: каждая фигура определяет, с кем у нее конфликт, после чего принимается решение, кто должен уступить и какой ход следует сделать первой, второй фигуре или даже обоим сразу. При этом также показывается, что если у агентов появляется такого рода интеллект, то это позволяет быстрее получать решения или управлять качеством решения.

В результате, решение строится как набор компромиссов, достигаемых фигурами, с учетом их ограничений и предпочтений, подобно тому, как это происходит при решении любых сложных междисциплинарных задач.

3. Мультиагентная система решения задачи о восьми ферзях.

Рассмотрим особенности реализации мультиагентного подхода к решению задачи о восьми ферзях [9].

3.1 Модель предметной области задачи о расстановке восьми ферзей

Опишем концептуальную модель предметной области задачи, которую в дальнейшем будем задавать онтологией, состоящей из набора классов понятий и отношений между ними [10]. Базовой сущностью нашей онтологии «Queens» является концепт «Chesspiece» (шахматная фигура, у которой имеется 6 наследников: *Queen* (Ферзь), *King* (Король), *Rook* (Ладья), *Knight* (Конь), *Bishop* (Слон), *Pawn* (Пешка). Концепт *Chesspiece* содержит следующие атрибуты: *Name* (Имя), *Fixed* (Возможность перемещения), *Horizontal* (Позиция по горизонтали), *Vertical* (Позиция по вертикали), *Attacks* (логика поведения фигуры), *ConflictsCount* (Количество конфликтов).

Диаграмма понятий и отношений онтологии приведена на Рис. 1.

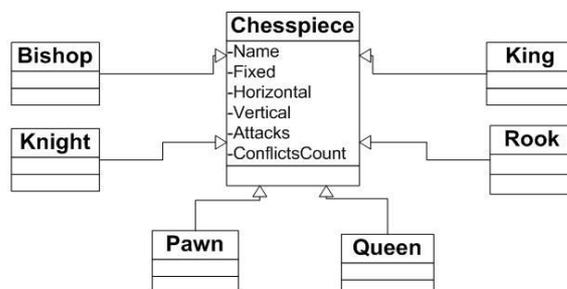


Рис. 1. Понятия и отношения онтологии «Queens»

«Chesspiece» представляет собой абстрактную сущность, поэтому логика поведения определена лишь в ее наследниках. У каждого из потомков *Chesspiece* имеется константа «Attacks», рекуррентно описывающая область атаки фигуры, как определено ниже. Таким образом, поведение каждого агента отделено от кода системы и задается на уровне онтологии. Располагая с помощью системы агентов шахматных фигур в определенных позициях доски, пользователь создает сцену, которую можно запустить на выполнение и в динамике наблюдать, каким образом выполняется расстановка фигур в соответствии с правилами задания ходов, определенными в онтологии.

Логику поведения агентов на уровне онтологии позволяет задать свойство «Attacks», которое используется в методах работы агентов, определяющих стратегию принятия решения об очередном ходе, а также алгоритм выбора клетки для перемещения.

Например, для коня свойство Attacks определено как «12 21», а для ладьи – «01 02 03 04 05 06 07 10 20 30 40 50 60 70». Известно, что конь атакует фигуры, отстоящие от него по горизонтали на одну клетку и на две по вертикали или на две по горизонтали и одну по вертикали. Ладья, в свою очередь, атакует фигуры с совпадающей горизонтальной составляющей и отстоящие по вертикали на 1, 2, 3, 4, 5, 6 либо 7 клеток или с совпадающей вертикальной составляющей и отстоящие по горизонтали на 1, 2, 3, 4, 5, 6 либо 7 клеток шахматного поля.

Таким образом, поведение шахматных фигур можно описать множеством пар расстояний по горизонтали и вертикали от их текущего местоположения. Для коня этим множеством будет $\{(1, 2), (2, 1)\}$, для ладьи – $\{(0, 1), (0, 2), (0, 3), (0, 4), (0, 5), (0, 6), (0, 7), (1, 0), (2, 0), (3, 0), (4, 0), (5, 0), (6, 0), (7, 0)\}$. Аналогично можно определить логику поведения для моделей других шахматных фигур.

Акт атаки отображается на игровом поле красными линиями в направлении от атакующей фигуры к атакованной. Атака Ферзя, Коня и Ладьи продемонстрирована на Рис. 2.

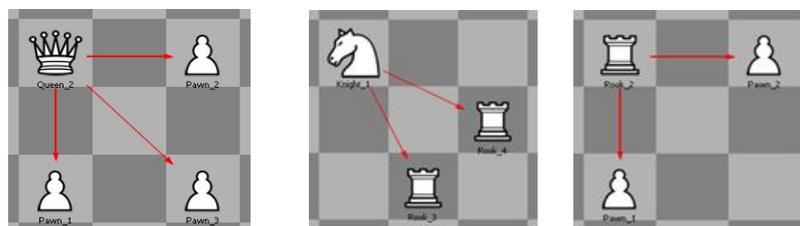


Рис. 2. Поведение агентов

Оказываясь источником либо целью атаки, шахматная фигура должна переместиться в другую клетку. Поиск клетки для перемещения выполняется следующим образом:

1) вначале предпринимается попытка найти такую клетку, при переходе в которую фигура не будет конфликтовать ни с одной другой

фигурой;

2) если найти такую позицию невозможно, фигура перемещается на позицию, в которой наблюдался минимум конфликтов, или сохраняет свою позицию.

3.2. Логика работы агентов фигур

Для реализации логики агентов разных фигур используется всего лишь один тип агентов: *ChessmateAgent*, с контекстом *ChessmateAgent Context*. *ChessmateAgent* при этом может быть обычным агентом фигуры или наблюдателем за сценой, это определяется свойством *IsMainObserver* контекста. Наблюдатель – это агент, который, в отличие от обычных агентов фигур, не принимает участия в процессе поиска решения, а собирает от обычных агентов информацию о конфликтах и на основе этой информации принимает решение об остановке сцены и выдаче результатов пользователю.

И наблюдатель, и обычные агенты, независимо от стратегии разрешения конфликтов, хранят в памяти положение всех других фигур. Хранение сцены непосредственно в памяти агента эффективнее с точки зрения быстродействия, чем использование специального агента сцены, с которым каждой фигуре пришлось бы обмениваться отдельными сообщениями при каждой попытке перемещения. При каждом случайном ходе потребовалось бы одно обращение к агенту сцены. В среднем необходимо 7-8 сообщений, а в наихудшем случае, при отсутствии «безопасных» клеток, требуется 64 сообщения за вычетом количества фигур. Без использования специального агента сцены каждый новый агент при появлении в сцене посылает широковещательное сообщение, на которое получает ответ, т.е., всего $(2 * (\text{Количество фигур} - 1))$ сообщений. В случае перемещения отсылается широковещательное сообщение о новой позиции, на которое ответ не требуется, при этом количество сообщений равно $(\text{Количество фигур} - 1)$. Таким образом, в случае 8 ферзей после каждого перемещения отсылается всего 7 сообщений о состоянии.

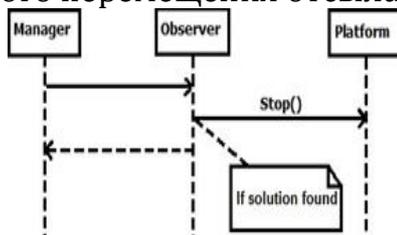


Рис. 3. Протокол переговоров агента-наблюдателя

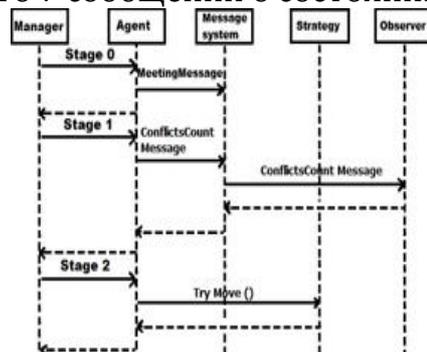


Рис. 4. Протокол переговоров обычного агента фигуры

Протокол переговоров агента-наблюдателя с диспетчером и платформой представлен на Рис. 3. Протокол переговоров обычного агента с диспетчером, системой посылки сообщений, стратегиями фигур и

агентом-наблюдателем приведен на Рис. 4.

В системе реализованы две стратегии разрешения конфликтов. В соответствии со стратегией случайного выбора агент принимает решение о переходе в свободную клетку случайным образом.

Рассмотрим подробнее переговоры, которые осуществляются при использовании стратегии простых переговоров как способе ухода фигуры из-под боя:

1. Агент запускает свою стратегию для принятия решения.
2. Агент составляет список фигур, с которыми имеется конфликт.
3. Случайно выбирается одна из фигур и ей отправляется сообщение о количестве конфликтов (*ConflictsCountMessage*).
4. Выбранная фигура, получив сообщение, сравнивает полученное количество конфликтов со своим количеством конфликтов. Если собственное количество конфликтов фигуры больше или равно, чем полученное, фигура совершает ход. В противном случае, ход совершает фигура, с которой ведутся переговоры, при этом фигура, инициировавшая переговоры, ход не совершает.
5. Агент фигуры возвращает управление.

Сравнивая две стратегии, как будет подробно показано ниже, пользователь приходит к выводу, что стратегия переговоров по сравнению со случайным выбором позволяет достичь результата за меньшее количество ходов.

3.3 Реализация мультиагентной системы.

В архитектуре мультиагентной системы решения задачи о восьми ферзях можно выделить следующие компоненты (Рис. 5):

- мультиагентная исполняющая система – диспетчер агентов и компоненты, обеспечивающие работу и взаимодействие агентов, включая подсистему сообщений и подсистему поддержки логики работы шахматных фигур;
- хранилище онтологии и хранилище онтологических сцен, объединяющие в себе все знания о классах шахматных фигур и текущем состоянии решаемой задачи;
- база данных для временного запоминания промежуточных и лучших окончательных вариантов расстановок фигур;
- средства отображения и навигирования по онтологии и сценам, позволяющие пользователям просматривать информацию о решаемой задаче (поддерживается отображение онтологии в виде словаря понятий, либо семантической сети);
- средства редактирования онтологий и сцен;
- интерфейс пользователя.

Интерфейс пользователя реализует функции по визуальному конструированию и редактированию онтологий и сцен, запуску сцен в работу и проведению экспериментов для сравнения стратегий разрешения

конфликтов (Рис. 6).

Возможно также редактирование онтологии. При выделении фигуры на палитре фигур в панели свойств отображаются ее свойства, как и для фигуры, выделенной на доске. Изменение этих свойств будет сохранено в онтологии так, что все фигуры данного типа, впоследствии добавленные на доску, будут иметь установленные свойства.

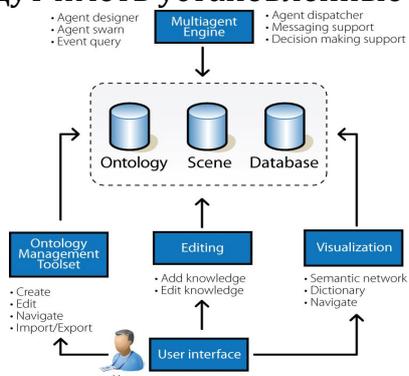


Рис. 5. Архитектура мультиагентной системы

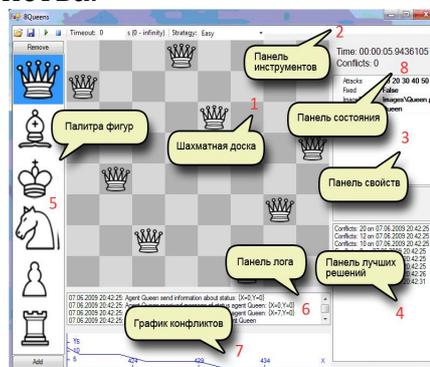


Рис. 6. Интерфейс пользователя

4 Эксперименты со стратегиями

В процессе поиска решения в системе рассматриваются промежуточные расстановки, при которых часть агентов шахматных фигур находятся в состоянии конфликта, а часть – нет. На рис. 7 последовательно показана начальная, промежуточная и конечная расстановка ферзей.

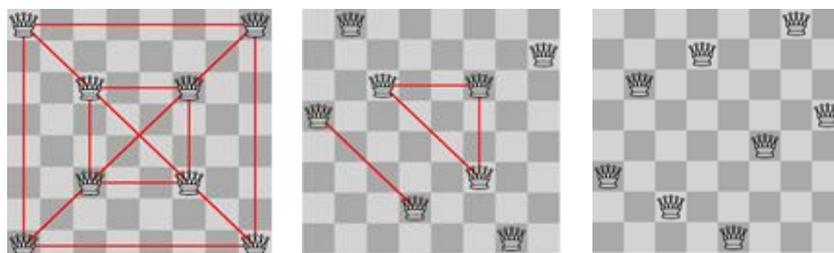


Рис. 7. Расстановка ферзей

Зафиксируем несколько ферзей и, перемещая фигуры, создадим новые конфликтные ситуации. Затем вновь запустим сцену на выполнение. Выделенные ферзи зафиксированы, но свободные ферзи находят новые положения, и решение строится заново.

Вместе с тем, в ряде случаев рассматриваемая задача расстановки шахматных фигур не имеет решения и алгоритм расстановки работает слишком долго, например, если требуется выполнить расстановку 9 ферзей на доске 8 на 8 клеток в данном положении. Для того чтобы и в данном случае получить приемлемое решение за конечный интервал времени, пользователю предоставляется возможность установить ограничение на время поиска решения с помощью задания лимита в панели инструментов. После запуска сцены на выполнение, по истечении временного периода,

заданного ограничением, на экране отобразится решение, а если за отведенное время точное решение найдено не было – сцена с наименьшим числом конфликтов из всех рассмотренных, т.е., приближенное решение.

При повторном запуске приближенное решение может улучшиться, так как некоторые из вновь рассмотренных сцен могут иметь меньшее число конфликтов, чем приближенное решение, найденное в предыдущей итерации. Получив промежуточное решение, пользователь может затем попытаться улучшить его вручную. Такой метод позволяет избежать закливаний алгоритма поиска расстановок шахматных фигур или чрезмерно длительного времени его работы.

В разработанной системе также возможна расстановка других типов фигур, причем с произвольным увеличением числа таких фигур на доске (больше 8 фигур), что также не решается никакими известными классическими комбинаторными алгоритмами. Таким образом, разработанная система может выступать в качестве нового исследовательского инструмента для решения задач подобного класса.

Как было отмечено ранее, пользователь может динамически изменять применяемую для решения стратегию. Сравним две реализованных стратегии: стратегию случайного выбора и стратегию простых переговоров.

Эксперименты проводились на аппаратной конфигурации следующего вида:

- CPU: Intel Core 2 Duo T5450 @ 1.66 GHz,
- RAM: 2 Gb DDR2-667,
- OS: Windows 7 RC1.

В табл. 1 приведены результаты измерения времени для двух стратегий разрешения конфликтов и 7 различных расстановок 8 ферзей. Эксперименты проводились для начальных сцен, выбранных случайным образом. Для каждой сцены измерялось число конфликтов в ходе решения и общее время работы системы до достижения финального состояния. Стратегия переговоров во всех проведенных экспериментах давала результат примерно в 4 раза быстрее, чем стратегия случайного выбора. На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что за счет введения интеллекта и самых простых переговоров в стратегию поиска решения, мы улучшили скорость получения расстановки фигур в среднем в 4 раза. Кроме того, стратегия случайного выбора показала высокую неустойчивость процесса поиска решения, выражавшуюся в неожиданных замедлениях на некоторых конфликтах, т.к. эта стратегия зависит от многих случайных факторов.

Табл. 1. Результаты экспериментов по сравнению стратегий принятия решений агентами фигур

<i>№ сцены (испытания)</i>	<i>Стратегия случайного выбора (мс)</i>	<i>Стратегия переговоров (мс)</i>
1	2449	562
2	8127	390
3	1762	343
4	11419	327
5	3120	405
6	2792	795
7	2184	780

5. Обсуждение результатов и выводы

Мультиагентная система для решения задачи о расстановке восьми ферзей предназначена для демонстрации важных преимуществ эволюционного подхода, реализуемого на основе мультиагентных технологий. Классическая постановка задачи о восьми ферзях при этом была расширена рядом следующих важных возможностей: усложнение постановки задачи путем добавления новых классов фигур и методов их взаимодействия без перестройки системы; динамическая модификация сцены на шахматной доске за счет добавления и удаления новых фигур в реальном времени; индивидуальная установка свойств каждого агента;

учет ограниченности времени решения; пользователю предлагается результат даже в том случае, если точное решение не найдено; программисты могут продолжать наращивать интеллект агентов и изменять логику принятия решений без полной перестройки системы.

Разработанная система может применяться для обучения студентов любых компьютерных специальностей, для повышения квалификации разработчиков МАС, а также использоваться как интересный поясняющий или презентационный материал для потенциальных клиентов, сложные и трудоемкие задачи которых требуют поиска новых инновационных подходов и решений в реальном времени.

На первом этапе обучения разработанная система предлагается в готовом виде для экспериментов с двумя реализованными стратегиями. На втором этапе более продвинутым разработчикам даются библиотеки системы, позволяющие создавать новые стратегии и проводить другие эксперименты. Работа с компонентами позволяет обучаемым создавать и свои варианты приложений.

Показана важная роль переговоров при создании систем распределенного интеллекта, которые в ряде случаев позволяют получить решение лучше и быстрее по сравнению с известными классическими методами. Предлагаемый эволюционный подход к решению данной задачи представляется применимым также для решения таких сложных, актуальных и значимых задач, как задачи динамического планирования и оптимизации ресурсов, конфигурирования сложных объектов,

распознавания образов, кластеризации данных и понимания текстов и многих других [11].

Литература

1. Тарасов В.Б. Агенты, многоагентные системы, виртуальные сообщества: стратегическое направление в информатике и искусственном интеллекте // Новости искусственного интеллекта. 1998, № 2. С. 5–63.
2. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем // учебник для вузов. СПб: Питер, 2001. 384 с.
3. Андреев В.В., Минаков И.А., Пшеничников В.В., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Основы построения мультиагентных систем: учебное пособие. Самара: Изд-во ПГАТИ, 2007. 151 с.
4. Абрамов Д.В., Андреев В.В., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Открытые мультиагентные системы для принятия решений в задачах динамического распределения ресурсов: учебное пособие. Самара: Изд-во ПГАТИ, 2008. 290 с.
5. Иващенко А.В., Лада А.Н., Симонова Е.В., Скобелев П.О. Мультиагентная технология управления мобильными ресурсами в режиме реального времени: учебное пособие. Самара: Изд-во ПГУТИ, 2011. – 180 с.
6. Расстановки ферзей //URL: <http://algotlist.manual.ru/maths/combinat/queens.php>
7. Eight queens puzzle // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/8_queens_problem.
8. The N Queens Problem: a study in optimization // URL: http://jsomers.com/nqueen_demo/nqueens.html.
9. Симонова Е. В., Скобелев П. О. Мультиагентная система решения задачи о расстановке восьми ферзей: методические указания. Самара: Изд-во ПГУТИ, 2010. 34 с.
10. Боргест Н.М., Симонова Е.В. Основы построения мультиагентных систем, использующих онтологию: учебное пособие. Самара: Изд-во СГАУ, 2009. 76 с.
11. Скобелев П. О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011, № 12. С. 33–46.

Тихонов А.В.,

главный научный сотрудник, профессор ГАУГН, ИС РАН
alvast@isras.ru

Мерзляков А.А.,

старший научный сотрудник, ГАУГН, ИС РАН
merzliakov@mail.ru

Богданов В.С.

научный сотрудник, ГАУГН, ИС РАН
bvsd@trtk.ru

Дистанционные практики интеграции образовательного и научно-исследовательского процессов

Аннотация

В докладе представлен опыт применения инновационных практик соединения традиционных дидактических форм системы высшего профессионального образования ГАУГН с практиками научно-исследовательской деятельности Центра социологии управления и социальных технологий РАН. Интеграция направлена на повышение компетенции, приобретение умений и навыков студентов социологического факультета ГАУГН в избранной области и их мотивации.. В качестве примера показан фрагмент реального включения последних в процесс сбора, анализа и агрегации данных в ходе академического исследования в режиме он-лайн с применением интерактивных сервисов и специализированных программных продуктов.

1. Контуры интеграции дистанционных образовательных и научно-исследовательских практик.

В начале хотелось бы согласиться с мнением исследователей процессов информатизации общества (Ракитов А.И., Веремей Е.И., Вихрев В.В. и др. [1]), в части особой роли информатизации образования в перестройке всего механизма систематизации, передачи и использования знаний. В складывающихся условиях постепенного перехода к информационному обществу и набирающего темпы технико-технологического прогресса, действительно прослеживается повышение внимания к разработке и применению интерактивных методов в организации учебно-образовательного процесса, что, как предполагается, должно способствовать формированию более высоких компетенций и других качеств специалистов. Однако использование информационных технологий в образовании это не только лазерная указка в руках

преподавателя и интерактивная доска в аудитории. Это уже общество, основанное на знаниях здесь и сейчас, в действии. Никто не даёт гарантии, что такое общество будет более комфортным для подрастающих поколений, чем построенное на мнениях и вере. Быстро развивающиеся когнитивные науки уже разрабатывают проекты переделки человеческой телесности и психики, раскручивают идеи пост-человека и трансгуманизма. Интенсивное внедрение информационных технологий нередко рассматривают как новый, более высокий и эффективный уровень управления познавательным процессом со стороны всех категорий обучающихся. Так ли это? Это возможно было бы и так, если бы в основе как психической, так и социальной жизни человека лежали только когнитивные процессы, а образовательные учреждения были единственными и самыми авторитетными трансляторами истинного знания о природе, обществе и человеке. На самом деле образовательный процесс погружён в систему сложных социальных отношений, среди которых отношения обучающихся и обучающихся не являются доминирующими. Внедрение информационных технологий не даёт преимуществ ни той, ни другой стороне, а только усложняет их взаимодействие. Доступность разнообразных источников информации требует от тех и других дополнительных волевых усилий и мотивации для непрерывного самообразования, сердцевиной которого становится собственная оценка достоверности знаний и их практического значения для ориентации в быстро меняющемся мире. В этом отношении практика интеграции образовательного и научно-исследовательского процессов может представить особый интерес.

Исследуя и интерпретируя социальные изменения и сегодняшние вызовы общества научно-исследовательский коллектив Центра социологии управления и социальных технологий Института социологии РАН на базе экспериментальной, научно-поисковой деятельности Лаборатории информационных, социальных технологий «ЛИСТ» разработал, апробировал и внедрил в социологическую практику проведения исследований социотехническую технологию дистанционного сбора, обработки и анализа данных. Данная технология сегодня успешно адаптирована в практике социологического образования ГУАГН, и позволяет студентам не только лучше и глубже осмыслить теоретические основы дисциплины 22.00.08 - «Социология управления», но а также в реальном времени ознакомиться с методическим и методным арсеналом, испытать его, получить первичные данные из открытых источников сети интернет, сделать первые шаги к структурированному осмыслению собранной информации, научиться пользоваться специализированным пакетом программ дистанционного сбора и анализа данных.

Одновременно нами решались и фундаментальные задачи связи когнитивных наук с использованием информационных технологий в исследовательских и образовательных практиках. Более 10 лет назад

Национальным научным фондом США была выдвинута идея соединения четырёх мегатехнологий (нано-, био-, инфо- и когнито-) под названием НБИК- инициатива, как мощное средство преобразования человека и социума. Эта новая технонаука и сопровождающая её широкая экспериментальная практика, возродившая старые технократические иллюзии, имеет крупные методологические недостатки, без преодоления которых она может представлять серьёзные риски и угрозы для будущего земной цивилизации. Во-первых, она не включает в себя пятую технологию - социогуманитарную, о чём справедливо напоминает директор Курчатовского института М.В.Ковальчук, а во-вторых, это уже собственно социологический аспект, она не учитывает того, что в обществе действует не индивид с мозгом и биологическим телом, а индивид с имманентно присущим ему социальным телом. Это означает, что познавательные процессы необходимо анализировать как коллективные, происходящие во взаимодействии как с природной, так и с социальной средой, образованной взаимодействием социальных субъектов. Особенно наглядно это взаимодействие проявляется в учебно-образовательной аудитории, специально организованной для передачи и освоения знаний.

Эти подходы были положены нами в основание долгосрочной программы фундаментальных исследований проблем интеграции научно-исследовательских и образовательных практик в связи с освоением информационных технологий. На сегодняшний день она осуществляется нашим Центром в 2006-2012 гг. по следующим подпрограммам:

1. Проведение исследований связи социальных и когнитивных процессов на основе использования интернет-технологий по планам Института социологии РАН, Президиума РАН и грантам РФФИ,

2. Методологическая оценка валидности методов и техники интернет- исследований по сравнению с традиционными методами сбора и анализа первичной информации

3. Интеграция научно-исследовательских и образовательных интернет-технологий в процессе подготовки специалистов высшей квалификации в формате социального эксперимента.

Работа по первой подпрограмме показала, что реальные социальные образования (группы, коллективы, организации) представляют собой устойчивые когнитивные системы с внутренними связями и внешними метаболизмами, способные оценить своё состояние и отношения как с естественными объектами, с социальными отношениями и культурными артефактами (язык, традиции, инновации), так и свои личностные качества (эмоции, установки, ценности), несмотря на то, что измерительные инструменты имеют виртуальное происхождение.

При помощи социотехнической технологии нами были исследованы: состояние и перспективы развития наукоградов, возможности и направления реформы РАН, конкурентоспособность отечественных ИТ производителей, социально- организационные факторы управления

учебно-воспитательным процессом в университете, потенциал инновационного развития донорских и дотационных регионов, проведена диагностика проблемы радикального реформирования вертикали власти и управления в стране и в регионах, а также ряд других актуальных проблем социетального масштаба [2]. Дистанционно проведен анализ работы 63 Учёных советов по защитах кандидатских и докторских диссертаций по социологии управления за последние 5 лет. К результатам мы вернёмся ниже.

Общий вывод такой: социотехническая технология значительно увеличивает диапазон возможностей научно-исследовательских организаций, повышают оперативность их исследований и позволяют шире использовать поисковые процедуры в образовательном процессе.

Вторая подпрограмма направлена на решение актуальной логико-гносеологической проблемы валидности результатов интернет-исследований. Можно ли им доверять в той мере, в какой это относится к обычным репрезентативным полевым опросам? Для ответа на этот вопрос нами проводятся методические эксперименты на одних и тех же объектах с параллельным применением различных методов сбора и анализа первичной информации. Наиболее масштабным стал мета-проект «Диагностика проблемы радикального реформирования работы органов власти и управления» (2011-2012 гг.). Массив данных из 3600 респондентов разваливается примерно на две равные части, где первая состоит из репрезентативного полевого опроса в шести регионах страны, а вторая из интернет-опроса населения в тех же регионах. Материалы ещё обрабатываются, но уже сейчас можно сказать, что интерактивные опросы надёжны и валидны в работе с целевыми социальными группами и частично валидны в массовых опросах типа мониторинга общественного мнения для отдельных групп как корректирующие или уточняющие данные. Для начало это не мало. В дальнейшем в интернет-опросы мы научимся вводить поправочные коэффициенты на уровень интернетизации различных групп населения.

Третья подпрограмма касается непосредственно интеграции научно-исследовательского и образовательного процессов на основе информационных технологий. Как показал опыт, глубинное погружение слушателей в проведение исследований с применением интерактивных методов (метод «электронного респондента», «интерактивный экспертный опрос» и др.) на начальном этапе чтения курса вызывает у них неподдельный интерес, позитивный резонанс и положительную мотивацию к восприятию последующих материалов программы, в том числе и теоретических основ дисциплины. Это связано в первую очередь с тем, что получаемые навыки и умения исследователя формируют латентные профессиональные ориентации будущих специалистов, на почве которых благоприятнее надстраиваются теоретические знания. Хорошим закреплением материала является схема «лекция-семинар», когда на

первом занятии рассматривается Программа исследования, а на следующем проводится семинар - обсуждения, с учетом того, что все участники получают заранее необходимые материалы и задания в интерактивном режиме. Далее наиболее заинтересованные студенты продолжают после окончания курса взаимодействие с лабораторией и Центром, и на различных этапах включаются в проведение фундаментальных и прикладных исследований. Для поддержания и продолжения такого рода взаимодействия мы заранее закладываем и «запускаем» устойчивые формы обратной связи еще на этапе чтения курса, активно используя интерактивные средства связи (e-mail, skype) для передачи научно-методической информации и организации выполнения внеаудиторных заданий. В перспективе планируется проведение «смешанных семинаров», т.е. проведение занятия в классе, но с применением интерактивных форм связи для подключения отсутствующих «здесь и сейчас».

В рамках этой подпрограммы исследуется центральная проблема интеграции научно-исследовательских и образовательных процессов: их совместное влияние на когнитивно-ценностно-ориентационную структуру личности обучающихся. Эта работа проводится по экспериментальной процедуре «До-После» (до начала обучения и после).

Ниже мы остановимся на дистанционной практике студентов в обобщении и систематизации методологических подходов и результатов эмпирических исследований в предметной области социологии управления (на материалах исследования диссертационных работ по специальности 22.00.08)

2. Дистанционная практика студентов в обобщении и систематизации методологических подходов и результатов эмпирических исследований в предметной области социологии управления

В рамках исследования по гранту РФФИ в 2009-2011 гг. на основе разработанного теоретико-методологического подхода и специализированного инструментария в Центре социологии управления и социальных технологий создана информационная база данных авторефератов кандидатских и докторских диссертаций по социологии управления (специальность – 22.00.08). В базе находится 476 авторефератов, защищенных за последние 5 лет (по состоянию на сентябрь 2012 г). В ближайшем будущем планируется ее запуск в режиме «он-лайн».

Работа строилась в контексте разработки новых методов анализа агрегированной онлайн-информации и новых подходов к контент-анализу символических репрезентаций [3]. На стадии формирования методического инструментария и ИТ-основы для обследования в интерактивном режиме текстов авторефератов диссертационных работ была разработана схема сбора, анализа и хранения данных (Рис. 1).

Разработан специализированный инструментарий, представляющий собой комплекс когнитивно-информационных карт, в апробации и

разработке которых активно принимали участие и студенты. С ними были проведены обучающие семинары, которые позволили им познакомиться с программой исследования, активно включиться в процесс сбора и агрегирования поисковой информации. В частности студенты работали на этапе апробации и заполнения информационных карточек (И-карта) для анализа диссертационных исследований, осуществляли ввод собранной фактической информации в базу данных в аналитической программе Да-система 5.0. Далее на научно-организационных семинарах студенты давали свои рекомендации для разработки Аналитической карточки (А-карта), направленной на обоснование научных возможностей описания и объяснения процесса диссертационного исследования. Сбор данных проводился студентами социологического факультета ГАУГН на принципах сплошной выборки в глобальной сети Интернет на сайтах ВУЗов, научно-образовательных организаций и учреждений, где функционируют диссертационные советы и проводятся защиты диссертаций по заявленной специальности – 22.00.08. Начальной датой отбора материалов стал ноябрь 2006 года, поскольку начиная с указанной даты, официально вступило в силу требование ВАКа об обязательном размещении авторефератов соискателей на степень доктора и кандидата наук на сайтах ВУЗов, где функционируют диссертационные советы, на которых происходят защиты диссертаций (при защите степени доктора наук также и на сайтах ВАКа и Минобразования РФ).



Рис. 1. ИТ-основа проекта исследования

Рассмотрим некоторые результаты нашего исследования. Проведен полный анализ их содержания с целью обобщения и систематизации используемых в исследованиях методологических подходов и получены нетривиальные результаты для оценки состояния и перспектив развития

данной отрасли социологического знания. Их планируется предоставить в Докладе для ВАКа и для соответствующих диссертационных советов. Материалы анализа положены в теоретико-методологические основания программы исследования ИС РАН проблем модернизации отечественной системы управления. Результаты работы над темой нашли отражение в 4-х публикациях [4], в т.ч. и в материалах последней Всероссийской конференции на тему «Управление и общество: назревшие проблемы, исследования и разработки», где организатором выступал Центр социологии управления и социальных технологий. В докладе на пленарном заседании нами использовались материалы данного исследования. В полном объеме они будут представлены в коллективной монографии в 2012-2013 гг.

По сегодняшним нашим данным только за последние пять лет было защищено около 1250 докторских диссертаций по социологии управления и экономике управления народным хозяйством. Анализ публикаций показывает, что с каждым годом растет число работ по материалам эмпирических исследований. Необходимость обобщения всех этих данных напрашивается сама собой. На Западе, как известно, социология управления развивается как социология менеджмента, а эффективность управления рассматривается как применение научных методов на практике. Отсюда появляется целый перечень школ управления в учебниках по менеджменту, начиная с Ф.Тейлора. При этом управление выступает как целесообразная инструментальная деятельность в бизнес-структурах (П.Друкер). Для нас этот подход недостаточен. При всей важности эффективности управленческого воздействия первостепенным для России в настоящее время выступает институционализация отношений управления в новых политических и социально-экономических условиях. Поэтому в каждом конкретном эмпирическом исследовании инструментальная составляющая управления должна корреспондироваться с характером отношений управления, т.е. с уровнем их институционализации, что требует другого концептуального подхода к выделению проблемы, объекта и предмета исследования, чем социология менеджмента. В этом смысле наше выделение управления как проблемы и единицы наблюдения не имеют аналога и представляют собой социокультурную российскую специфику. Предлагаемое нами аналитическое исследование проведенных работ предпринимается впервые. Подобных методологических исследований в проблемном поле социологии управления, насколько нам известно, ни в отечественной, ни в зарубежной практике не проводилось. В ряду теоретических предпосылок нашего проекта стоят работы таких отечественных методологов науки как Э.Г.Юдин, В.С.Швырев, А.И.Ракитов, Г.И.Рузавин, В.С.Степин и др., а также разработанная В.А.Ядовым стратегия и методика эмпирического исследования. Инновационным в нашем исследовании является использование интернет-технологий и разработанная сотрудником нашего центра В.С.Чесноковым методология и

методы детерминационного анализа. Предлагаемая новая трактовка методологической организации социологического исследования и оценка уровня методологической рефлексии в режиме мониторинга с использованием интернет-технологий, на наш взгляд, заметно ускорит формирование отечественной социологии управления как исследовательской программы и научной дисциплины. Результаты реализации данного проекта позволят распространить внутринаучный дискурс в отношении методологии и методов социологических исследований на область проблем социологии управления, что будет способствовать дальнейшей теоретизации этой дисциплины и решению проблем управленческой практики. Также лонгитюд данного проекта позволит поддерживать активизацию процесса участия студенческой аудитории в научно-исследовательской практике с применением специализированного программного обеспечения и информационных технологий, а также способствовать интеграции непрерывного образования «университет-магистратура-аспирантура» и сохранять трансляцию и преемственность компетенций.

3. Заключение

Организация традиционного образовательного процесса с применением научно-исследовательских практик, вкупе с разработкой и внедрением интерактивных методов сбора и анализа информации, с установлением форм устойчивой связи при помощи интернет-сервисов уже сегодня дают положительные результаты и имеют реальные перспективы на развитие в будущем. Нас интересуют материалы этой конференции для определения последующих шагов в избранном направлении исследований.

Литература

1. Ракитов А.И. Философия компьютерной революции. М.: Политиздат, 1991; Веремей Е.И. Методологические аспекты формирования образовательного стандарта и программ по направлению «Информационные технологии в процессах управления» Современные информационные технологии и ИТ образование // Сборник избранных трудов VI Международной научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2011. С. 101-110; Вихрев В.В. О концептуальной модели информатизации системы образования (в порядке постановки задачи) // Сборник избранных трудов VI Международной научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2011. С. 111-120.
2. Социология управления: стратегии, процедуры и результаты исследований / А. В. Тихонов (отв. ред.) и др. М.: «Каннон + ООН, Реабилитация», 2010.
3. Ракитов А.И., Бондяев Д.А. и др. Руководство для профессиональных аналитиков. М., 2009.; Девятко И.Ф. Онлайн исследования и методология социальных наук: новые горизонты, новые (и не столь новые) трудности // Онлайн исследования в России 2.0 / Под ред. А.В. Шашкина, И.Ф. Девятко, С.Г. Давыдова. М.: РИЦ "Северо-Восток, 2010. С. 17-30.
4. Тихонов А.В. Эпистемологический статус социологического знания и некоторые проблемы внутринаучной рефлексии в отечественной социологии // Россия реформирующаяся. Ежегодник. Вып. 6. М.: ИС РАН. С. 55-81.; Тихонов А.В. Социология управления. М., 2007.

Фролов Н.Н.,

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет»,
профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное
хозяйство»

Груничев А.В.,

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», доцент

Малиованов М.В.,

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», профессор

Хмелев Р.Н.

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», профессор
khmelev@klax.tula.ru

***Опыт разработки и использования контрольно-
обучающих комплексов по техническим дисциплинам
(на примере дисциплины «Теплотехника»)***

Современный образовательный процесс невозможен без использования компьютерных обучающих систем, основанных на базовых информационных технологиях. Среди применяемых компьютерных систем обучения в зависимости от поставленных педагогических задач можно выделить [1] электронные учебники, компьютерные обучающие системы, системы дистанционного обучения. Все вышеперечисленные системы обучения целесообразно включать в контрольно-обучающие комплексы по техническим дисциплинам ВУЗов.

В данной статье изложен опыт разработки и использования контрольно-обучающих комплексов по техническим дисциплинам, закрепленным за кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Тульского государственного университета. Структура и возможности контрольно-обучающих комплексов проиллюстрированы на примере дисциплины «Теплотехника» [2].

Для разработки контрольной (тестовой) части комплексов использовался язык PHP. Обучающая часть комплексов реализована в формате Web-документов. Такое построение обучающей части курса позволяет организовать изучение материала в определенной последовательности при переходе по гиперссылкам к различным разделам. Организация гиперссылок сделана таким образом, что возможно несколько вариантов обучающей и контролирующей подсистем курса. Работа с комплексом не требует специальной подготовки и интуитивно понятна пользователю, овладевшему курсом «Информатика».

Для работы с конкретным комплексом студент запускает интернет-

обозреватель (Internet Explorer и т. п.), открывает главную страницу с перечнем дисциплин, выбирает название дисциплины, номер группы, Ф.И.О. и вводит пароль, соответствующий номеру зачетной книжки.

Контрольно-обучающие комплексы по техническим дисциплинам содержат следующие компоненты:

- Общую информацию о курсе (структуру курса и содержание разделов, уровни освоения курса, алгоритм освоения курса, предметный указатель, указатель тем, объем учебного материала темы, лист управления, правила работы с обучающим комплексом для пользователей)
- Теоретический материал
- Практические работы
- Лабораторные работы.

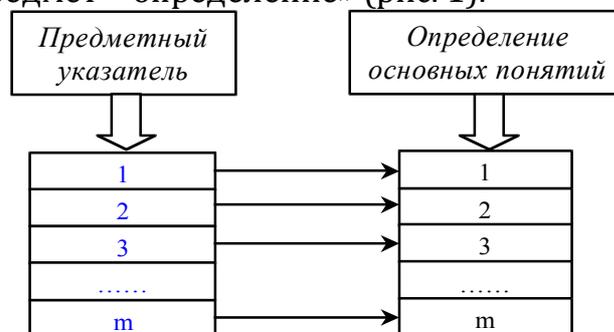
Рассмотрим характерные особенности перечисленных компонентов.

В процессе изучения дисциплины возможны два уровня освоения курса – формальный и концептуальный. На формальном уровне освоения пользователь получает представление об основных понятиях, получает навыки решения типовых задач, осуществляет контроль уровня освоения материала в результате решения контрольных задач.

На концептуальном уровне пользователь получает системные знания материала как по курсу в целом, так и выборочно – по отдельным темам, а также осуществляет контроль уровня освоения материала.

Алгоритм освоения курса на формальном уровне включает:

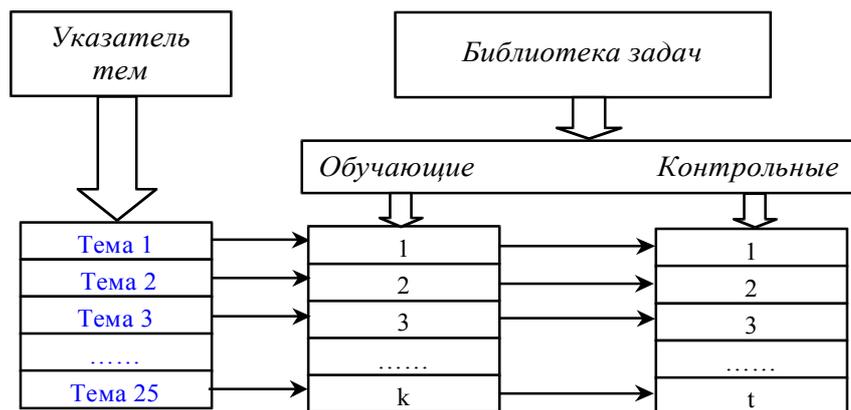
а). Алгоритм «предмет – определение» (рис. 1).



Стрелками указан переход по гиперссылкам от предметного указателя к определениям основных понятий.

Рис. 1. Блок-схема алгоритма «предмет – определение».

б). Алгоритм «тема – задача» (рис. 2).

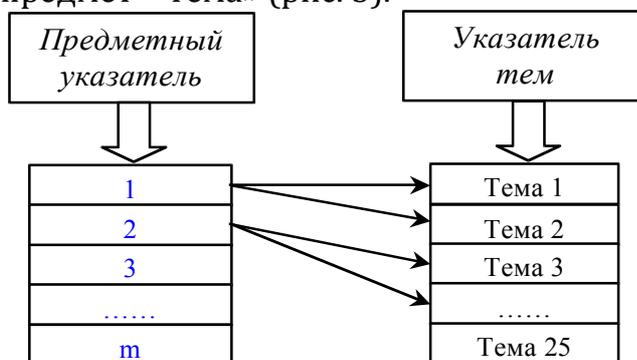


По алгоритму осуществляется поиск задач по необходимой теме и контроль уровня их освоения.

Рис. 2. Блок-схема алгоритма «тема – задача».

Алгоритм освоения курса на концептуальном уровне включает:

а). Алгоритм «предмет – тема» (рис. 3).



Возможен вариант выхода непосредственно на интересующую тему, минуя предметный указатель, с любой страницы изучаемого материала.

Рис. 3. Блок-схема алгоритма «предмет – тема».

б). Алгоритм «тема – содержание» (рис. 4).

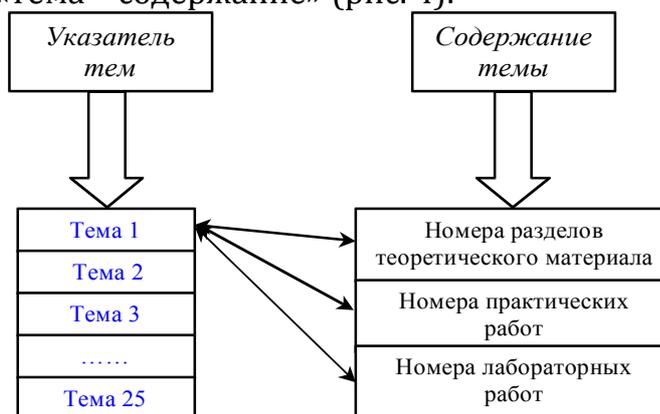


Рис. 4. Блок-схема алгоритма «тема – содержание».

Предметный указатель и указатель тем представляют собой гипертекст, содержащий ссылки на компоненты курса.

Объем учебного материала темы позволяет пользователю

ознакомиться с содержанием каждой из тем курса.

Лист управления включает формирование оценки текущей успеваемости по темам и по курсу в целом. Для формирования оценок используются весовые коэффициенты. В первом случае сумма весовых коэффициентов по каждой теме 1 (весовые коэффициенты определяются преподавателем), а максимальная балльная оценка по каждой теме 100. Во втором случае сумма весовых коэффициентов 0,6 (весовой коэффициент определяется преподавателем), а максимальная суммарная балльная текущая оценка по курсу 60. Максимальная балльная текущая оценка (60 баллов) по курсу установлена в соответствии с балльно-рейтинговой системой, принятой в Тульском государственном университете.

Особенность такого построения курса заключается в том, что он не привязан к конкретной рабочей программе и является универсальным для целого ряда направлений и специальностей подготовки. При этом преподаватель, имея рабочую программу, может сам сформировать необходимый объем учебного материала.

Правила работы с конкретным контрольно-обучающим комплексом для пользователей включают сведения о порядке начисления баллов при оценке уровня освоения теоретического материала, практических и лабораторных работ.

Теоретический материал по темам выполнен в виде гипертекстового учебника [3], содержащего анимацию. Широкое использование анимационных иллюстраций является одним из важнейших дидактических аспектов комплексов. Роль их при изучении технических дисциплин значительна. Так, например, для дисциплины «Теплотехника» характерна высокая степень абстракции, а в связи с этим – существенные затруднения в понимании физического смысла изучаемого материала.

Анимационные иллюстрации позволяют образно представить и сделать более доступными сложные понятия, используемые для описания изучаемых процессов и явлений.

Анимационные иллюстрации строились в соответствии с единой методикой, включающей следующие процедуры:

- Разработку образной модели для данного понятия
- Использование единой системы образов и цветовой гаммы
- Разработку сценария
- Реализацию сценария средствами программы Macromedia Flash.

Разработка образной модели понятия – наиболее важный и трудно формализуемый этап. Здесь необходимо выделить основные черты и особенности изучаемого понятия и определить образы, с помощью которых они могут быть иллюстрированы.

Так, например, для дисциплины «Теплотехника» единая система образов и цветовой гаммы включала в себя следующие образы и цвета:

1. Стандартные образы

- двойная стрелка с пульсирующей точкой – передача энергии в форме тепла (красная стрелка) и работы (желтая стрелка);
- подвижный груз (желтый) – источник (приемник) работы;
- горящий костер (красный) – источник тепла;

2. Стандартная цветовая гамма

- серый и его оттенки – внутренняя энергия рабочего тела;
- желтый и его оттенки – механический энергоконтакт;
- красный и его оттенки – термический энергоконтакт;
- изменение оттенков цвета, а именно: увеличение частоты цвета – получение энергии в соответствующей форме, а уменьшение частоты цвета – отдача энергии в соответствующей форме.

Написание сценария позволяет максимально использовать иллюстративные возможности предложенной модели изучаемого понятия, выявить возможные недостатки ее и ввести необходимую коррекцию.

Использование программы Macromedia Flash позволило реализовать все заложенные в разработанную модель возможности и обеспечить управление созданной иллюстрацией.

Ниже, в качестве примера, приведен сценарий построения иллюстрации понятий «обратимый процесс» и «необратимый процесс».

1. Исходное состояние

Серое рабочее тело. Пять молекул. Пульсирующие стрелки (тонкие, черные), изображающие скорость. Желтые неподвижные грузы.

2. Появляются пульсирующие желтые стрелки (двойные с точкой) и одинаковые грузы приходят в движение «справа налево» и «снизу вверх». Начальное положение грузов – пульсирующий пунктир. Двигается поршень и вращается вертушка.

2.1. Молекулы долетают до поршня, ударяются о него и отражаются по тому же направлению, но с увеличенной скоростью, т.е. с увеличенными стрелками. При этом рабочее тело увеличивает энергию и темнеет. Поршень, после того как о него ударила последняя молекула, перестает двигаться. Пульсирующая желтая стрелка исчезает; двигаются только молекулы. Молекулы долетают до стенки, отражаются от нее и летят навстречу поршню. Первая молекула, отраженная стенкой долетает до поршня, ударяется о него, возникает пульсирующая желтая стрелка, направленная «слева направо». Поршень приходит в движение и катит тележку к исходному положению. Тон рабочего тела светлеет. В результате тележка должна вернуться в начальное положение (совпасть с пульсирующим пунктиром), а молекулы после удара о стенку также возвращаются в исходное положение.

2.2. Молекулы долетают до вращающейся вертушки, ударяются о нее, тон рабочего тела темнеет. После соударения с вертушкой движение молекул приобретает неупорядоченный (хаотичный) характер. Они движутся, ударяясь о боковые стенки. После того, как о вертушку ударились

последняя молекула, вертушка перестает двигаться. Желтые стрелки исчезают, груз останавливается, вертушка движение прекращает, движутся только молекулы. Одна-две молекулы ударяются о вертушку и она поворачивается в сторону противоположную начальному вращению, незначительно поднимая груз. Возникает пульсирующая желтая стрелка, направленная «сверху вниз». Груз значительно не доходит до своего первоначального состояния.

На рис. 5 приведена раскладка иллюстрирующая возможности разработанной анимации.

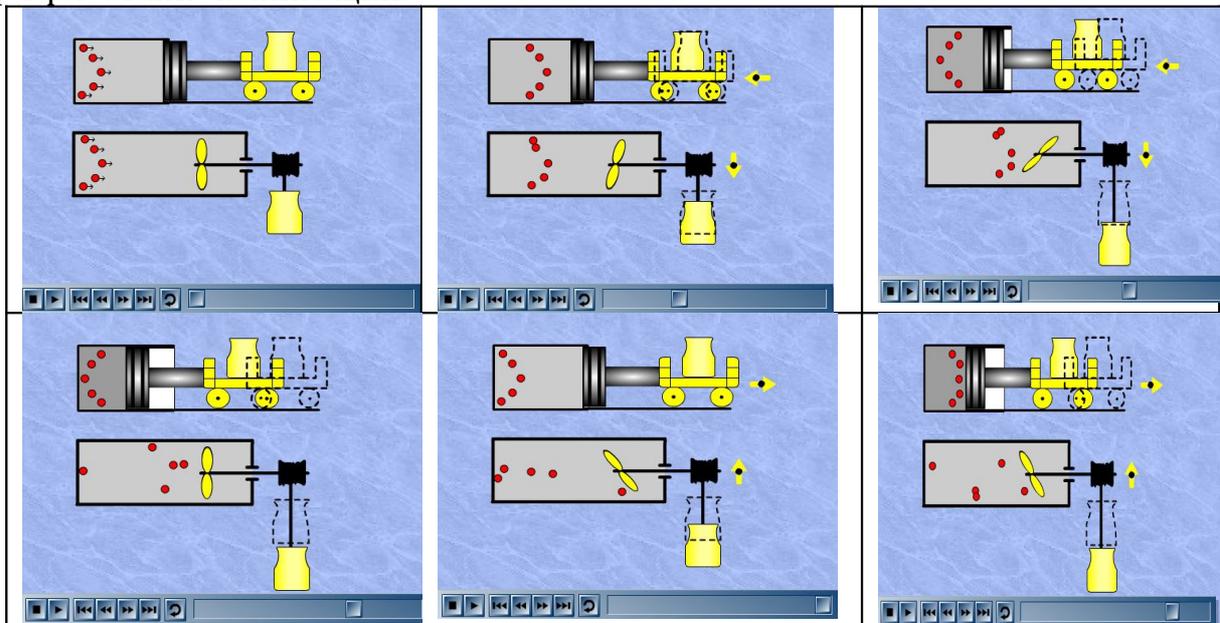


Рис. 5. Раскладка анимированной иллюстрации понятий «обратимый процесс» и «необратимый процесс»

После изучения теоретического материала по отдельно взятой теме учащемуся предлагается ответить на контрольные вопросы (рис. 6), переход к которым осуществляется по гиперссылке.

Адрес: http://10.0.0.1/st_test_tasks.php

Автоматизированная Контрольно-Обучающая Система кафедра Автомобили и Автомобильное Хозяйство

Студент: Аникиев Антон Евгеньевич

Контрольные | Методический комплекс | Отправка отчетов | Выход

Контрольная: **Контрольные вопросы по теме 10 (максимально 100 баллов)**
 Дата и время начала решения 06.10.2012 15:48
 Дата и время окончания решения 06.10.2012 16:03

[Обновить результаты]

- Задача 1. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 2. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 3. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 4. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 5. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 6. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 7. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 8. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 9. Оценка -- Осталось попыток 1
- Задача 10. Оценка -- Осталось попыток 1

Итого ответов:
 не решенных задач - 10
 Результат контрольной: **0** баллов.

Время формирования страницы: 0.457, формирования заданий: 0.051
 Время подготовки: 0.042 анализа всех доступных вопросов: 0, случайная выборка вопр: 0.009

Рис. 6. Контроль уровня освоения теоретического материала

Практические работы по темам включают цель работы, справочный материал, задачи обучающие и контрольные. Переход к решению контрольных задач осуществляется по гиперссылке.

Лабораторные работы по темам можно разбить на две группы.

1. Лабораторные работы, содержащие видео-, фото- материал, анимацию проведения эксперимента и показаний измерительных приборов существующих лабораторных работ.

2. Виртуальные лабораторные работы [4]. Это работы, позволяющие студенту на основе математической модели реального явления, процесса или устройства выполнить исследование, являющееся целью лабораторной работы, которую нельзя достичь с использованием реального оборудования. Так, например, для дисциплины «Теплотехника» разработаны и успешно используются виртуальные лабораторные работы: «Теплота, работа их взаимное преобразование (Первый закон термодинамики)», «Второй закон термодинамики», «Дросселирование газов».

Виртуальные лабораторные работы состоят из следующих разделов:

1. Цель работы.
2. Теоретический материал.
3. Описание лабораторной установки.
4. Сборка структурной схемы экспериментальной установки.
5. Описание функционирования лабораторной установки.
6. Проведение опыта и выполнение расчетов.
7. Вспомогательный материал.

Характерными особенностями виртуальных лабораторных работ являются следующие:

- Допуск к выполнению лабораторной работы студенты получают в автоматическом режиме после изучения теоретического материала и при положительной оценке за ответы на контрольные вопросы.
- Виртуальные лабораторные работы имеют два рубежа контроля уровня выполнения. В п. 4 по гиперссылке студенты из основного HTML документа переходят к сборке структурной схемы лабораторной установки (рис. 7).

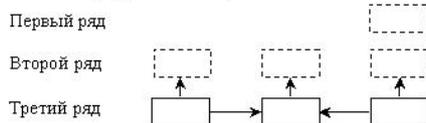
Контроль правильности введенных студентом ответов осуществляется системой в автоматическом режиме. Причем дальнейшее выполнение лабораторной работы производится только после правильной оцифровки элементов установки.

В п. 6 студент в соответствии с вариантом, случайно выбранным компьютером (общее количество вариантов с различными исходными данными равно 25) проводит опыт и выполняет необходимые расчеты (рис. 8). Переход к данному разделу лабораторной работы, как и в предыдущем случае, осуществляется по гиперссылке.

Наименование элемента	Изображение элемента	Условное обозначение элемента
Теплоизолированный элемент		1
Поршень с нагружающим элементом		2
Тепловыделяющий элемент		3
Измеритель давления	ИД	4
Измеритель перемещения поршня	ИП	5
Измеритель мощности тепловыделяющего элемента	ИМ	6
Измеритель времени	ИВ	7

Собрать структурную схему лабораторной установки, проставив цифры, соответствующие условным обозначениям, приведенным в таблице, для элементов первого, второго и третьего ряда.

Ввести эти цифры в таблицу ответов.



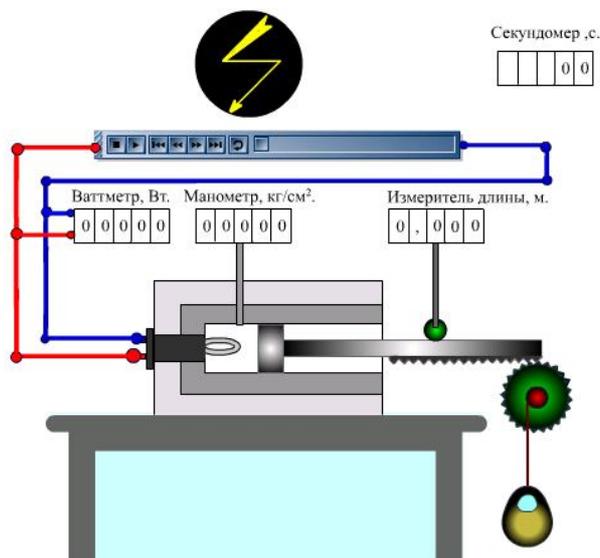
Введите ответ(ы):

Первый ряд =

Второй ряд =

Третий ряд =

Рис. 7. Сборка структурной схемы экспериментальной установки



6. Проведение опыта и выполнение расчетов
- 6.1. Включить подачу энергии к тепловыделяющему элементу, замкнув цепь питания рубильником.
- 6.2. Зафиксировать показания измерительных устройств на 5 с и 15 с эксперимента. Занести их в таблицу опытных данных, для чего опыт следует несколько раз повторить.
- 6.3. Осуществить перевод опытных параметров в форму необходимую для расчетов.
- 6.4. Определить теплоту и работу процесса, считая, что площадь поршня 0,008 м².
- 6.5. Используя первый закон термодинамики найти изменение энергии рабочего тела в процессе.
- 6.6. Данные расчета занести в таблицу ответов.

Введите ответ(ы):

$Q_{1,2}$, Дж =

$L_{1,2}$, Дж =

ΔU , Дж =

Рис. 8. Проведение опыта и выполнение расчетов

Разработанные виртуальные лабораторные работы позволяют:

1. Получить наглядное представление о функционировании технических систем и о сложных процессах в них происходящих.
2. Осуществить в автоматическом режиме контроль уровня освоения материала.

При разработке комплексов предусмотрена возможность накопления статистической информации по каждому студенту, а также возможность проверки преподавателем ответов на контрольные вопросы, результатов выполнения лабораторных, практических работ, как по каждому студенту, так и по группе в целом.

Таким образом, разработанные контрольно-обучающие комплексы могут использоваться в дистанционном обучении, как по локальной сети кафедры, так и по сети Интернет и включают полный набор инструментов, позволяющих учащемуся самостоятельно освоить необходимый объем учебного материала, а преподавателю оценить уровень освоения.

Литература

1. Советов Б.Я. Информационные технологии: учеб. для вузов / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский. М.: Высш. шк., 2005. 263.: ил.
2. Груничев А.В., Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Контрольно-обучающий комплекс по дисциплине «Теплотехника» // Проблемы экономики и информатизации образования: материалы IV МНПК. Тула: ТИЭИ, 2007. С. 119 – 122.
3. Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Теплотехника. Мультимедийное учебное пособие. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки в отраслевом фонде алгоритмов и программ № 11532 от 14 сентября 2008 г.
4. Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Виртуальные лабораторные работы по дисциплине «Теплотехника» // Проблемы экономики и информатизации образования: Материалы III междунар. науч.-практ. конф. Тула: ТИЭИ, 2006. 278 с.

Штанюк А.А.

НИУ Высшая школа экономики (Нижегородский филиал),
доцент
shtan@land.ru

Системы управления проектами для поддержки учебного процесса

Аннотация

Рассматривается использование современных программных средств управления проектами (redmine, taskjuggler) для организации учебного процесса в рамках ИТ-дисциплины.

Управление проектами

В современных условиях перед преподавателями компьютерного цикла дисциплин стоит задача организации и поддержки работы студентов в рамках курса с привлечением современного программного обеспечения. Уходят в прошлое спешно составленные файлы с заданиями, напечатанные на листках бумаги формулировки задач, бумажные ведомости с плюсами и оценками. Появляется необходимость публикации заданий в локальной или глобальной сетях, возможность поддержки обратной связи, осуществления контроля за выполнением заданий и своевременного информирования о ходе учебного процесса. Многие для этих целей привлекают обычную электронную почту, но она не является специализированным средством и может рассматриваться только как средство связи между преподавателями и студентами. Есть другой подход, который заключается в развёртывании и использовании корпоративных информационных систем типа moodle или e-learning. Эти системы могут быть и коммерческими и бесплатными, но часто и они слишком универсальны и сложны для развёртывания или обучения и лучше подходят для организации учебной деятельности ВУЗа или его подразделения, чем для отдельных дисциплин.

В последнее время в глобальной сети стали появляться сообщения об использовании специальных программных средств управления проектами для работы студентов и контроля за результатами их работ, причём терминология, используемая в процессах разработки программного обеспечения (задания, версии, трудоёмкость, календарный график и пр.) подходит для различных сторон деятельности студентов и их конечного труда.

В качестве таких систем рассматриваются следующие:

- **Redmine** (<http://redmine.org>)
- **TaskJuggler** (<http://taskjuggler.org>)

Выбор данных систем обусловлен несколькими обстоятельствами,

среди которых следует отметить:

- свободное распространение по лицензии GNU;
- достаточно энергичное развитие, регулярный выход новых версий;
- поддержка календарных графиков (диаграмм Ганта);
- работа по технологии «клиент-сервер» (redmine) и возможности автоматизации (taskjuggler);
- встроенная поддержка работы с системами управления версиями (VCS) у redmine;
- наличие свободного хостинга в сети (redmine);
- Возможности систем не дублируются, а дополняют друг друга.

Redmine

Система Redmine изначально создавалась для организации работы команды программистов над проектом (рис. 1). Можно создавать несколько проектов и устанавливать между ними иерархические связи.

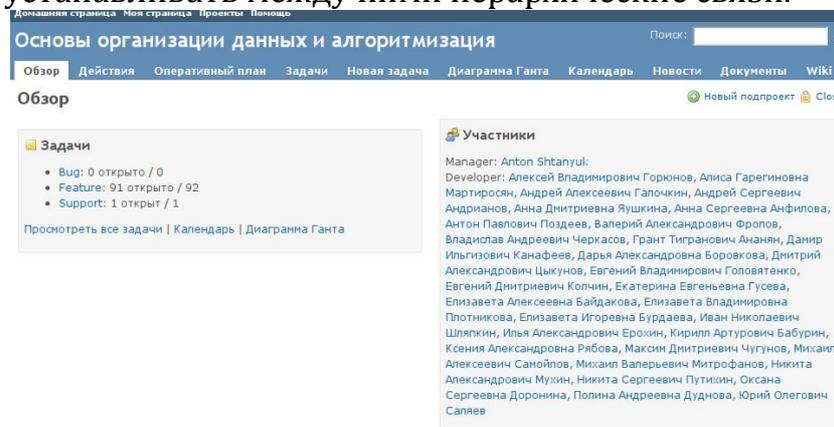


Рис. 1. Обзор проекта в redmine

Преподаватель является администратором проекта и для каждой дисциплины создаёт новый проект. Далее ему необходимо настроить следующие элементы:

- Действия. Здесь должны быть перечислены виды деятельности студентов (анализ задания, составление алгоритма, кодирование, отладка,...).
- Хранилище. Указывается система управления версиями для хранения кода программ студентов (SVN, CVS, GIT...).
- Категории задач. Для учебного процесса это могут быть лекции, практики и другие виды занятий.
- Версии. Обычно под версией понимают задание практической работы или практическую работу в большом курсе с несколькими работами.
- Участники. Для того чтобы студенты могли выполнять свои работы их необходимо включить в проект как участников. Предлагаются роли: менеджер, разработчик. Менеджер может создавать новые

задачи и назначать из разработчикам. Оправдано использование роли менеджер преподавателем или несколькими преподавателями, ведущими курс.

- Модули. Здесь определяются разделы курса, доступные всем участникам. Можно отметить: задачи, учёт времени, новости, документы, файлы, wiki, хранилище, форумы, календарь, диаграмма Ганта.
- Трекер. Является основой для классификации задач в проекте и представляет собой вид деятельности в проекте. Для большинства случаев можно создать трекер «занятие» для отслеживания действий студентов на занятиях по дисциплине или «самостоятельная работа» для работы дома.
- Статусы задач. Определяют текущее состояние задачи. Наиболее распространённая последовательность значений статусов: новая, в работе, завершена, обратная связь, закрыта.

Основной единицей работы в проекте является задача, которая является конкретным заданием конкретному студенту. Благодаря версиям, задачи группируются по практическим работам и отображаются на вкладке «оперативный план» (рис. 2).

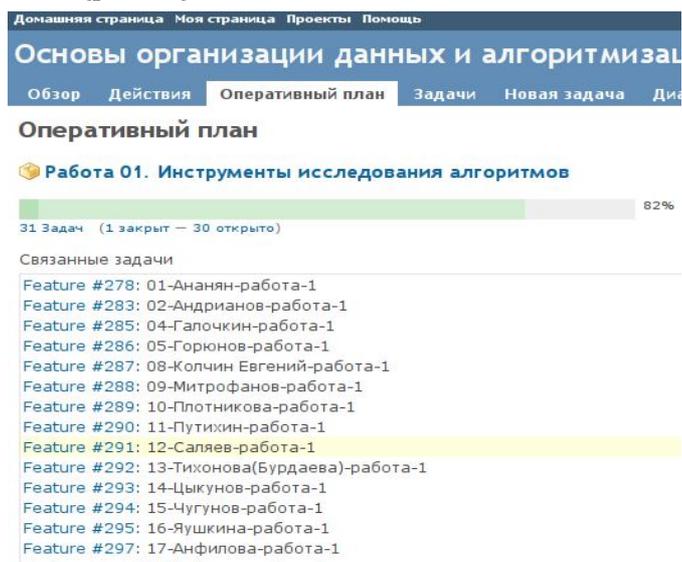


Рис. 2. Оперативный план

После создания задачи получают статус «новая». Студент, начиная работу над задачей, меняет её статус на рабочий и благодаря этому, на вкладке оперативного плана отображается текущая картина по задачам всех студентов. Завершив работу, студент снова меняет статус задачи, оповещая преподавателя о необходимости проверки и выставления оценки. Если в работе допущены ошибки, преподаватель извещает об этом студента, выставляя статус «обратная связь». И так продолжается до тех пор, пока задача не получает статус «закрыта» и по ней выставляется

оценка.

Для обмена материалами можно использовать хранилище с системами контроля версий или механизм прикрепления рабочих файлов прямо на странице задачи. Замечания, комментарии и индивидуальная переписка по конкретной задаче осуществляется там же.

Наиболее наглядным отображением текущего состояния учебного процесса является диаграмма Ганта, которая отображает задачи и статус их выполнения на календарной сетке (рис. 3).

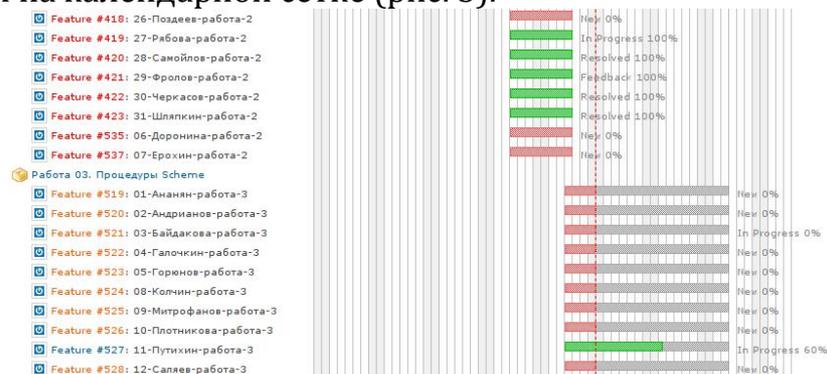


Рис. 3. Диаграмма Ганта

Она полезна как преподавателям, следящими за количеством завершённых и незавершённых задач, так и для студентов, отслеживающих своё «состояние» на оси времени и временные рамки выполняемых работ.

В redmine есть возможность составления отчётов для оценки трудоёмкости выполняемых работ. Выполняя задачи, студенты указывают затраченное время, которое суммируется и отображается в виде сводной таблицы, предоставляя преподавателю возможность оценивать сложность заданий.

И, наконец, redmine — расширяемая система за счёт дополнений, написанных на языке ruby. Можно устанавливать дополнительные модули, расширяющие стандартные возможности системы.

TaskJuggler

Другая интересная система управления проектами называется taskjuggler и её возможности дополняют и расширяют redmine. Прежде всего, описание проекта taskjuggler задаётся в виде текстового файла, который может быть сформирован как обычным текстовым редактором, так и автоматическим программным способом. Данный файл обрабатывается специальным транслятором и на выходе получают веб-документы с отчётами по интересующим пользователя системы данным. Этот транслятор может периодически запускаться на сервере и автоматически обновлять предоставляемую студентам и преподавателям информацию.

На основе данных о работах, формируется календарный план-график с диаграммой Ганта (рис. 4).

Приведём пример записей о работах, выполняемых студентами в

рамках проекта.

```

task t11 "Ковалёв С.А. Работа №1" {
  start 2012-09-19
  #end 2012-09-25
  note "Отлично"
  task "Выполнение" { start 2012-09-19 end 2012-09-23 complete 100}
  task "Проверка" { start 2012-09-23 end 2012-09-25 complete 100 }
}
task t12 "Никифорова А.А. Работа №1" {
  start 2012-09-19
  end 2012-09-31
  note "Удовлетворительно"
  journalentry 2012-09-29 "опоздание" {alert yellow }
  task "Выполнение" {start 2012-09-19 end 2012-09-29 complete 100}
  task "Проверка" {start 2012-09-29 end 2012-09-31 complete 100 }
}

```

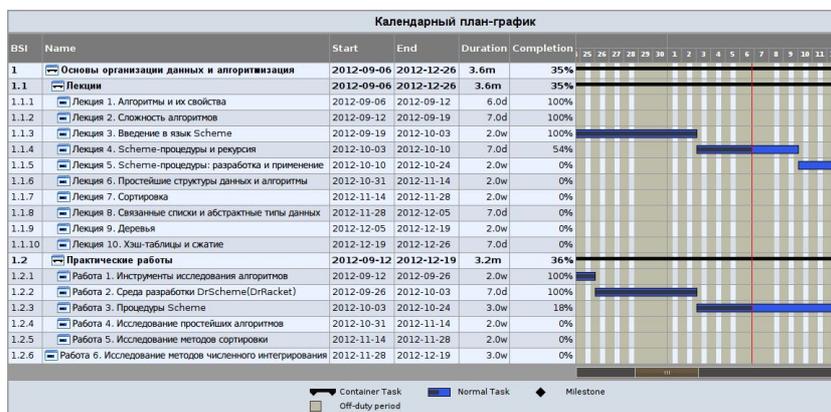


Рис. 4. Календарный план в taskjuggler

После создания отчёта по работам можно увидеть список проверенных работ, а также не выполненных или непроверенных работ (рис 5,6).

Успеваемость на 2012-10-01

Итого до сегодняшнего дня		Ситуация на неделю		Предстоящие проверки		Завершённые проверки	
Name	Начало	Конец	Completion	Alert	Note		
Ковалёв С.А. Работа №1	2012-09-19	2012-09-25	100%	Green	Отлично		
Выполнение	2012-09-19	2012-09-23	100%	Green			
Проверка	2012-09-23	2012-09-25	100%	Green			
Никифорова А.А. Работа №1	2012-09-19	2012-10-01	100%	Yellow	Удовлетворительно		
Выполнение	2012-09-19	2012-09-29	100%	Green			
Проверка	2012-09-29	2012-10-01	100%	Green			
Васильев Н.Н. Работа №1	2012-09-19	2012-09-30	50%	Green			
Выполнение	2012-09-19	2012-09-30	100%	Green			

Рис. 5. Отчёт по выполненным заданиям

В отчётах можно отметить работу студента, который прислал задание на проверку, но не получил пока оценку.

Успеваемость на 2012-10-01

Итоги до сегодняшнего дня | Ситуация на неделю | Предстоящие проверки | Завершённые проверки

Name	Начало	Конец	Completion	Alert	Note
Васильев Н.Н. Работа №1	2012-09-19	2012-09-30	50%	Green	
Проверка	2012-09-19	2012-09-19	0%	Green	
Ковалёв С.А. Работа №2	2012-09-26	2012-10-01	0%	Green	
Выполнение	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	
Проверка	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	
Никифорова А.А. Работа №2	2012-09-26	2012-10-01	0%	Green	
Выполнение	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	
Проверка	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	
Васильев Н.Н. Работа №2	2012-09-26	2012-10-01	0%	Green	
Выполнение	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	
Проверка	2012-10-01	2012-10-01	0%	Green	

Рис. 6. Отчёт по невыполненным заданиям

Выводы

Современные системы управления проектами могут использоваться в учебном процессе благодаря своим функциональным возможностям и терминологии, легко подстраиваемой под различные предметные области. Учитывая возможность работы в сети, отсутствие лицензионных отчислений и расширение за счёт модулей, они могут стать надёжными помощниками в работе преподавателей и студентов высшей школы.

Литература

1. Страница Википедии: Redmine. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Redmine>
2. Страница Википедии: TaskJuggler. <http://ru.wikipedia.org/wiki/TaskJuggler>

**СЕКЦИЯ 3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЛУЧШАЯ
ПРАКТИКА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ**

Астахова И.Ф.,

Воронежский государственный университет, профессор
astachova@list.ru

Фалалеева Ю.Л.

Воронежский государственный университет

Построение нечеткой гибридной системы и ее применение к образовательным структурам

Проникновение компьютеров во все области человеческой деятельности меняет во многом те подходы и технологии, которые ранее в них применялись. Коснулась эта тенденция и технологий организации образовательного процесса. В последнее время уделяется большое внимание разработке автоматизированных обучающих систем, позволяющих студенту в интерактивном режиме изучить и закрепить материал, а также проверить свои знания.

1. Проектирование нечеткой гибридной системы

Диаграмма вариантов использования системы имеет вид:

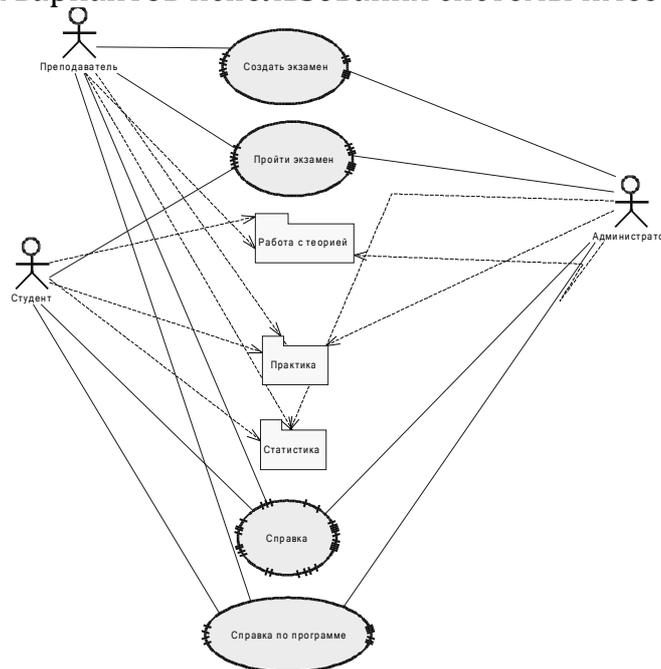


Рис. 1. *Диаграмма вариантов использования системы*

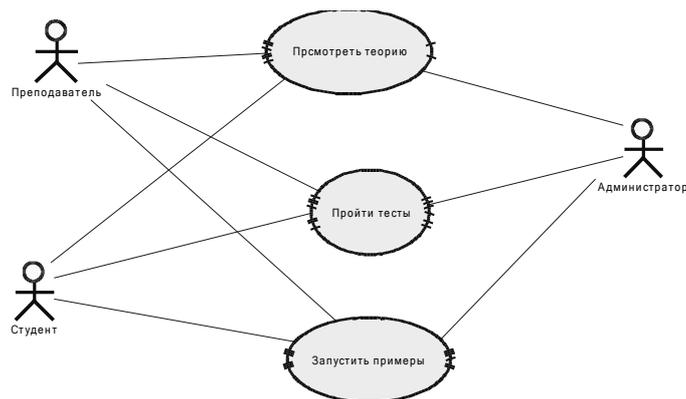


Рис.2. Работа с разделом «Теория»

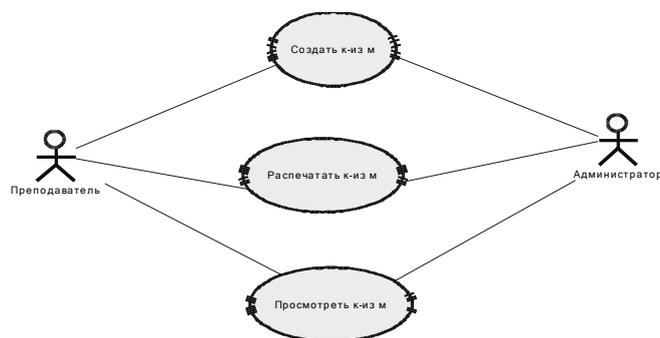


Рис. 3. Работа с контрольно-измерительными материалами
Другие диаграммы имеют аналогичный вид.

2. Оценка знаний студентов

Как было указано, при создании данного продукта были разработаны вопросы различной степени сложности для студентов с различным уровнем знаний. Для выявления уровня знаний и разделения студентов на группы были применены нейрокомпьютерные технологии, а именно, задача классификации была решена с использованием сети Кохонена [2]. Задача классификации заключается в разбиении объектов на классы, причем основой разбиения служит вектор параметров объекта. Сами классы часто бывают неизвестны заранее, а формируются динамически. Один из самых простых подходов к классификации состоит в том, чтобы предположить существование определенного числа классов и произвольным образом выбрать координаты прототипов. Затем каждый вектор из набора данных связывается с ближайшим к нему прототипом, и новыми прототипами становятся центроиды всех векторов, связанных с исходным прототипом. В качестве меры близости двух векторов обычно выбирается евклидово расстояние. На этих принципах основано функционирование сети Кохонена, обычно используемой для решения задач классификации. Данная сеть обучается без учителя на основе самоорганизации. По мере обучения векторы весов нейронов становятся прототипами классов – групп векторов обучающей выборки. На этапе

решения информационных задач сеть относит новый предъявленный образ к одному из сформированных классов.

После обучения классификация выполняется посредством подачи на вход сети испытуемого вектора, вычисления расстояния от него до каждого нейрона с последующим выбором нейрона с наименьшим расстоянием как индикатора правильной классификации.

В случае данной системы на вход реализованной сети Кохонена подается маска ответов на пять классификационных вопросов. Сеть распределяет ответы на три класса: 0 – недостаточный для дальнейшего прохождения основного тестирования; 1 – минимально достаточный для дальнейшего прохождения основного тестирования; 2 – достаточный для дальнейшего прохождения основного тестирования.

3. Модель прогнозирования развития курса с помощью нечеткой логики

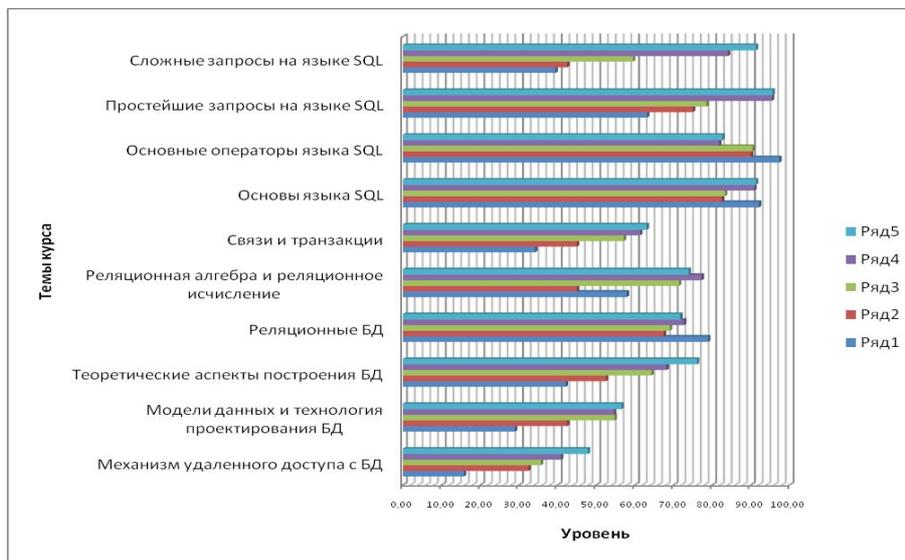


Рис. 4. Гистограмма ответов

Была использована следующая методика прогнозирования [1]:

1. определение универсального множества, которое представляет собой интервал между наименьшей и наибольшей вариациями коэффициентами правильных ответов в группе.
2. Деление универсального множества на несколько интервалов равной длины, включающих различные значения вариаций.
3. Введение лингвистической переменной и определение соответствующих лингвистических значений, определение множества нечетких множеств.
4. Фаззификация исходных данных, т.е. преобразование четких количественных значений в нечеткие. Эта операция позволяет в значениях функций принадлежности отразить соответствующие количественным значениям качественные представления об ответах в данной группе.
5. Выбор параметра соответствующего отрезку времени, предшествовавшему текущему году.

6. Вычисление матрицы нечетких отношений.

7. Прогнозирование количества тестируемых студентов.

8. Деффазификация полученного результата, т.е. переход от нечетких значений к четким (количественным).

В качестве лингвистической переменной была использована переменная «вариация количества правильных ответов в группе», которая имела следующие значения: {(отрицательная значительная вариация), (отрицательная малая вариация), (нет изменений), (малая положительная вариация), (значительная положительная вариация)}.

Получена таблица результатов прогнозирования количества правильных ответов. В 2012 году менее всего правильных ответов будет дано на вопросы из групп «Механизм удаленного доступа с БД», «Модели данных и технология проектирования БД» и «Сложные запросы на языке SQL». Ошибка прогнозирования составляет около 20%.

4. Программная реализация нечеткой гибридной системы в образовании

Интерфейс пользователя представляет собой систему страниц, представленную на рис 5. [3].



Рис 5. Интерфейс пользователя

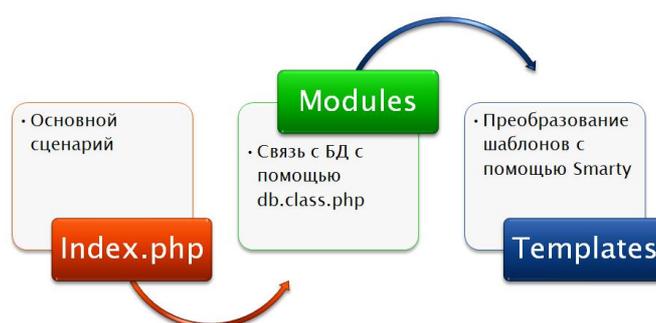


Рис.6. Взаимодействие функциональных блоков внутри проекта



Рис. 7. Основные модули проекта

Литература

1. Борисов А. Н. Модели принятия решений на основе лингвистической переменной / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, О. А. Крумберг и др. – Рига: Зинатне, 1982. – 256с.
2. Горбань А.Н. Нейронные сети на персональном компьютере. / А.Н.Горбань, Д.А.Россиев– Новосибирск: Наука, 1996. – 276 с.
3. Профессиональное PHP программирование / Дж. Кастаньетто, Х. Рафат, С. Шуман, и др.; Пер. с англ. СПб: Символ-Плюс, 2001. – 912 с.

Демиденко А.П.,

Кан М.В.,

Сундеев Д.Г.

Институт коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского университета

Интерактивная система оценки качества образования

Аннотация

Рассматриваются вопросы создания автоматизированной системы оценки качества образования. Предлагаются алгоритмы оценки качества, использующие нечеткую логику.

Введение. В условиях нарастающей конкуренции на рынке образовательных услуг на успех могут рассчитывать вузы, обеспечивающие образование высокого качества. Качество образовательных услуг становится гарантией привлекательности вуза и доверия потребителей. Высокое качество образования является одной из главных целей реформирования системы высшего образования. Эта цель провозглашается Болонской декларацией как приоритетная. Для повышения качества образования необходимо уметь его оценивать. Поэтому построение модели оценки образования является важной задачей. Проблема ее решения рассматривается в данной работе.

Постановка задачи. В [1] под качеством высшего образования понимается сбалансированное соответствие высшего образования (как результата, как процесса, как образовательной системы) многообразным потребностям, целям, требованиям, нормам (стандартам). При этом качество образования определяется системной совокупностью иерархически организованных, социально значимых сущностных свойств (характеристик, параметров) высшего образования. Показатели, описывающие такие свойства, приведены в [2].

1. Качество преподавательского состава.
2. Состояние материально-технической базы учебного заведения.
3. Мотивация преподавательского состава.
4. Качество учебных программ.
5. Качество студентов.
6. Качество инфраструктуры.
7. Качество знаний.
8. Инновационная активность руководства.
9. Внедрение процессных инноваций.
10. Востребованность выпускников.
11. Конкурентоспособность выпускников на рынке труда.

12. Достижения выпускников.

Представленные показатели допускают декомпозицию и не измеряются в количественных шкалах. В других источниках [3,4,5] набор показателей может отличаться от приведенного. Возникает задача оценивания каждого из показателей и нахождения на их базе агрегированной оценки качества высшего образования. Такая оценка может использоваться как обратная связь в замкнутой системе управления качеством образования. При недостаточно высокой оценке качества образования необходимо внести изменения в образовательный процесс. Формального метода определения набора показателей не существует. Выбор показателей осуществляется экспертами и сильно зависит от их опыта и способности [6]. В [7] приведены требования к такому набору. Набор показателей должен быть полным, действенным, разложимым, избыточным и минимальным. Хотя сформулированные требования не противоречат здравому смыслу, они не являются конструктивными: воспользоваться ими для определения набора показателей не представляется возможным. Поэтому для оценки качества образования необходимо решить следующую задачу: разработать компьютерную систему, которая должна предоставлять возможность лицу, принимающему решение (ЛПР), методы и средства для выбора показателей, характеризующих качество образования, а также возможность использования качественных оценок для показателей нижнего уровня и на базе этих оценок нахождения интегрированной оценки.

Использование нечетких множеств в задачах оценки качества.

В задаче оценки качества образования будем использовать аппарат теории нечетких множеств, получивший также название нечеткой логики [6]. Нечеткая логика оперирует неточными, приближительными, примерными оценками. В рассматриваемой задаче будем использовать нечеткую логику по следующим причинам. Во-первых, из-за сложности самого понятия “качество образования” и трудностью формализации понятия качества традиционными математическими моделями. Во-вторых, потому что часть показателей оценивается в качественных шкалах. Нечеткая логика основана на использовании качественных характеристик естественного языка, например, «далеко», «близко», «мало», «много». В последнее время диапазон ее применения существенно вырос. Это объясняется тем, что многие современные задачи, в частности задачи управления, просто не могут быть решены классическими методами из-за очень большой сложности математических моделей, их описывающих. Однако использование нечеткой логики становится возможным при наличии соответствия между качественными характеристиками, которые в нечеткой логике называются лингвистическими (нечеткими) переменными (значениями) и математическими объектами – нечеткими множествами [8]. Совокупность качественных значений образует термножество лингвистических оценок переменной, в котором оценки

называются термами. Переменная, значения которой описываются лингвистическими оценками, называется лингвистической переменной. Из-за ограниченных способностей человека к хранению информации в кратковременной памяти и оперирования ею, считается, что достаточно 3-7 термов на каждую переменную.

При описании объектов с помощью нечетких множеств используются понятия нечеткой и лингвистической переменных.

Нечеткая переменная характеризуется тройкой $\langle \alpha, X, A \rangle$, где α - наименование переменной X - универсальное множество (область определения α),

A - нечеткое множество на X , описывающее ограничения (т.е. $\mu_A(x)$) на значения нечеткой переменной α . Здесь $\mu(x)$ - функция принадлежности, $0 \leq \mu(x) \leq 1$.

Лингвистической переменной называется набор $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где β - наименование лингвистической переменной. T - множество ее значений (терм-множество), представляющих собой наименования нечетких переменных, областью определения каждой из которых является множество X . Множество T называется базовым терм-множеством лингвистической переменной. G - синтаксическая процедура (правило), позволяющая оперировать элементами терм-множества T , в частности, генерировать новые термы (значения). Множество $T \cup G(T)$ где $G(T)$ - множество сгенерированных термов, \cup - операция объединения, называется расширенным терм-множеством лингвистической переменной. M - семантическая процедура (правило), позволяющая превратить каждое новое значение лингвистической переменной, образуемое процедурой G , в нечеткую переменную, т.е. сформировать соответствующее нечеткое множество.

Чтобы избежать большого количества символов символ β используют как для названия самой переменной, так и для всех ее значений; пользуются одним и тем же символом для обозначения нечеткого множества и его названия, например терм "молодой", являющийся значением лингвистической переменной $\beta =$ "возраст", одновременно есть и нечеткое множество M ("молодой").

Присвоение нескольких значений символам предполагает, что контекст позволяет разрешить возможные неопределенности.

Пример: Эксперт определяет толщину выпускаемого изделия с помощью понятий "малая толщина", "средняя толщина" и "большая толщина", при этом минимальная толщина равна 10 мм, а максимальная - 80 мм.

Формализация такого описания может быть проведена с помощью следующей лингвистической переменной $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, где

β - толщина изделия;

$T = \{ \text{"малая толщина"}, \text{"средняя толщина"}, \text{"большая толщина"} \};$

$X - [10, 80]$;

G - процедура образования новых термов с помощью связок "и", "или" и модификаторов типа "очень", "не", "более или менее". Например: "малая или средняя толщина", "очень малая толщина";

M - процедура задания на $X = [10, 80]$ нечетких подмножеств A_1 ="малая толщина", A_2 = "средняя толщина", A_3 ="большая толщина", а также нечетких множеств для термов из $G(T)$ в соответствии с правилами использования нечетких связок "и", "или" и модификаторов "не", "очень", "более или менее". Операция пересечения нечетких множеств A и B ($A \cap B$) соответствует связке "и", операция объединения ($A \cup B$) – "или", $CON A = A^2$, $DIL A = A^{0.5}$ Модификатор "очень" можно рассматривать как оператор концентрирования – $CON A = A^2 = \mu^2_A(x)$. Модификатор "более или менее" можно аппроксимировать с помощью оператора растяжения $DIL A = A^{0.5} = \mu^{0.5}_A(x)$.

Использование синтаксического правила, порождающего новые нечеткие значения в терм-множество алгоритмически, доставляет дополнительное удобство пользователю [8]. Рис. 1 и рис. 2 частично иллюстрирует сказанное.

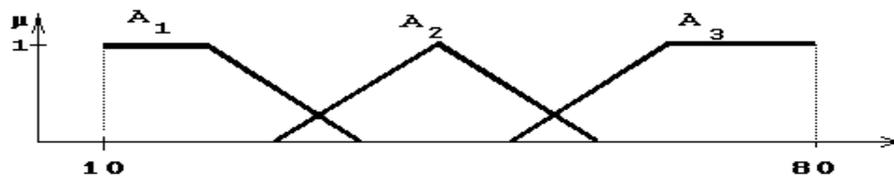


Рис. 1. Функции принадлежности нечетких множеств: "малая толщина" = A_1 , "средняя толщина" = A_2 , "большая толщина" = A_3 .

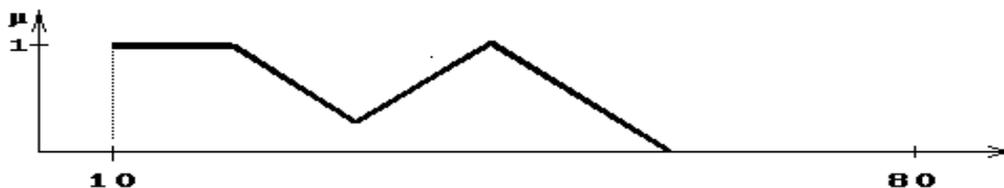


Рис. 2. Функция принадлежности объединения нечетких множеств A_1 и A_2 : нечеткое множество "малая или средняя толщина" = $A_1 \cup A_2$.

Выбор семантического правила M является ответственным моментом при решении прикладных задач. Этот выбор осуществляется на основе априорных знаний об объекте исследования. При этом в качестве универсального множества X может приниматься интервал изменения базовой переменной. Если базовую переменную x пронормировать следующим образом: $(x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$, то в качестве универсального множества X , на котором изменяется пронормированное значение переменной x , можно принять отрезок $[0, 1]$. Здесь x_{max} и x_{min} соответственно наибольшее и наименьшее значение переменной x . При этом в случае измерения свойства в количественной или порядковой шкале, можно в качестве максимального значения шкалы принять 1, и этому значению

поставить в соответствие максимальную интенсивность проявления свойства. Меньшим интенсивностям проявления оцениваемого свойства, в соответствии с [9], соответствуют значения шкалы из $[0, 1]$. В качестве первичных переменных из базового терм-множества T можно принять значения нечетких множеств, приведенные в литературе, например в [10]. При использовании нечеткой логики для построения математической модели целесообразно позволить ЛПР использовать лингвистические значения, предварительно предоставив ему возможность в удобной форме сопоставлять этим значениям нечеткие множества.

Нечеткая модель оценки качества как задача классификации.

Рассмотрим модель оценки качества, используя для этих целей задачу классификации в пространстве нечетких переменных. Пусть объект, качество которого оценивается, описывается иерархической структурой показателей. При этом q -ое свойство, характеризующее объект, описывается показателем q . Будем считать, что структура показателей состоит из H уровней. Тогда число показателей верхнего уровня $m(H)=1$, а число показателей первого уровня $m(1)=Q$. Подмножество показателей i -го уровня, от которых зависит j -ый показатель $i+1$ уровня, будем обозначать как $S^q(i)$. Задачу оценки качества сложного объекта сформулируем следующим образом. По известным значениям показателей 1-го уровня $\alpha_q^1(1)$, $q=1, \dots, Q$ необходимо определить значение обобщенного показателя качества верхнего H -го уровня $\alpha^1(H)$. Здесь верхние индексы n и l означают соответственно n -ую оценку из шкалы оценок q -го показателя 1-го уровня – $\mathfrak{D}_q(1)$ и l -ую оценку из дискретной шкалы оценок l -го показателя H -го уровня – $\mathfrak{D}_1(H)$. При этом предполагается, что значения показателей 1-го уровня могут быть получены либо с помощью инструментальных измерений, либо экспертно. Значения показателей качества, начиная со 2-го уровня и выше, должны быть получены с помощью формализованной процедуры, и при этом полученная оценка должна согласовываться с оценкой эксперта. Шкалы для измерения показателей 1-го уровня могут быть дискретными или непрерывными, а шкалы для измерения комплексных показателей, начиная со 2-го уровня, – дискретными, что вызвано ограниченными возможностями экспертов [9]. Тогда задачу оценки качества сложного объекта можно представить в виде последовательности задач нахождения комплексных оценок на каждом уровне, начиная со второго, по значениям нижележащих показателей: по значениям показателей $j(i)$, где $j(i)$ принадлежит множеству $S^q(i)$, найти оценку комплексного показателя $q(i+1)$. Комплекс аппаратуры КИ

Задача оценивания комплексного показателя формулируется следующим образом. Пусть задано множество градаций N проявления q -го свойства уровня $i+1$, определяемое шкалой $\mathfrak{D}_q(i+1) = \{\alpha^1_q(i+1), \dots, \alpha^N_q(i+1)\}$. Известно, что это свойство зависит от значений m показателей, принадлежащих $S^q(i)$. Для каждого k -го показателя i -го уровня $k(i)$ задано множество его возможных значений, определяемое

шкалой $\mathfrak{D}_k(i)$. Множество $Y_q(i) = \mathfrak{D}_1(i) \times \dots \times \mathfrak{D}_k(i) \times \dots \times \mathfrak{D}_m(i)$ представляет все гипотетически возможные состояния показателей уровня i , от которых зависит показатель $q(i+1)$. Предполагается, что определенной интенсивности проявления q -го свойства $i+1$ -го уровня соответствуют некоторые элементы из множества $Y_q(i)$. Требуется идентифицировать проявление соответствующей интенсивности свойства из $\mathfrak{D}_q(i+1)$ для любого состояния из $Y_q(i)$. Задача оценивания представляет собой задачу разбиения m -мерного пространства $Y_q(i)$ на N m -мерных упорядоченных областей (квантов), каждой из которых присваивают соответствующую оценку. Разбиение пространства $Y_q(i)$ на N областей можно рассматривать как задачу классификации, при которой точки пространства $Y_q(i)$, интерпретируемые как объекты, разделяются на классы (наборы объектов) таким образом, что сходство объектов внутри класса больше чем сходство объектов из разных классов. В рассматриваемой задаче под сходными объектами (объектами, входящими в один класс) надо понимать точки пространства $Y_q(i)$, в которых интенсивности проявления q -го свойства $i+1$ -го уровня входят в одну категорию. Для разделения пространства $Y_q(i)$ на N областей будем использовать модель диагностики. При этом предполагается, что для каждого диагноза (класса) существует идеальная точка, т.е. наиболее типичное состояние, которое представляют в виде центра класса. Рассматривая диагностируемое состояние как точку в пространстве показателей, вновь поступающий объект относят к тому классу, расстояние до центра которого минимально. Задачу классификации, используемую для получения комплексного показателя качества, будем решать с применением аппарата теории нечетких множеств. Это обстоятельство вызвано тем фактом, "что большинство реальных классов размыты по своей природе в том смысле, что переход от принадлежности к непринадлежности для этих классов скорее постепенен, чем скачкообразен. Так, для данного объекта x и класса F в большинстве случаев вопрос состоит не в том, принадлежит ли x к F , а в том, до какой степени x принадлежит к F " [10]. Степень выраженности (интенсивность проявления) q -го свойства $i+1$ -го уровня будем измерять в шкале $\mathfrak{D}_q(i+1)$, множество значений которых конечно, а сами значения представляют качественные характеристики и описываются нечеткими множествами. Для описания n -ой оценки интенсивности проявления q -го свойства $i+1$ -го уровня - $\alpha^n_q(i+1)$ в виде зависимости от $k(i)$ используем нечеткое множество, задав его функцию принадлежности на шкале $\mathfrak{D}_k(i)$. При этом значение функции принадлежности можно рассматривать в качестве характеристики степени соответствия $\alpha^l_k(i)$ оценке $\alpha^n_q(i+1)$. Количество нечетких множеств для всех показателей $k(i)$, входящих в подмножество $S^q(i)$, является одинаковым и равным числу градаций шкалы

$\mathfrak{D}_q(i+1) = \{\alpha^1_q(i+1), \dots, \alpha^N_q(i+1)\}$. Данные нечеткие множества строятся экспертами. Для этой цели желательно использовать удобный

графический интерфейс. Алгоритмы, применяемые при оценке комплексного показателя $q(i+1)$, различаются в зависимости от вариантов использования.

1. Показатели i -го уровня заданы четкими значениями на своих шкалах.

2. Значения показателей i -го уровня заданы нечеткими множествами.

1. В этом случае оцениваемое состояние Ψ описывается вектором $\alpha^0(i)$, элементами которого являются четкие значения показателей i -го уровня.

$$\alpha^0(i) = (\alpha^0_1(i), \dots, \alpha^0_l(i), \dots, \alpha^0_k(i)); \alpha^0_l(i) \in \mathfrak{D}_l(i); \{l(i)\} = S^q(i); l=1,2,\dots,k. \quad (1)$$

В качестве центра класса n , соответствующего оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$, примем вектор

$$\alpha^n(i) = (\alpha^n_1(i), \dots, \alpha^n_l(i), \dots, \alpha^n_k(i)); \alpha^n_l(i) \in \mathfrak{D}_l(i) \quad (2)$$

Здесь $\alpha^n_l(i)$ такое значение показателя $l(i)$, для которого функция принадлежности оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$ равна единице. Значение функции принадлежности $\mu^{n_q}(l)$ можно рассматривать в качестве степени соответствия (близости) состояния Ψ оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$ в смысле показателя $l(i)$. Интегрированную характеристику близости состояния Ψ , описываемого вектором $\alpha^0(i)$, оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$ определим с помощью выражения

$$\rho^q_{\Psi n} = \mu^{n_q}(1) * \dots * \mu^{n_q}(l) * \dots * \mu^{n_q}(k). \quad (3)$$

Знак $*$ может быть определен как операция нахождения минимума (в этом случае исходят из того, что степень соответствия комплексного показателя оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$ не может превышать степени соответствия этой оценке каждого показателя $l(i) \in S^q(i)$); как алгебраическое произведение, являющееся более “мягкой” интерпретацией союза “И” [10].

Проделав процедуру, описываемую выражением (3), для всех $l(i) \in S^q(i)$, в качестве искомой оценки выбираем такую, характеристика близости $\rho^q_{\Psi n}$ для которой максимальна.

2. В случае, когда показатели $l(i)$ измеряются нечетко, в качестве центра класса n принимается вектор, состоящий из нечетких множеств, описываемых функцией принадлежности

$$(\mu^{an_q}(1), \dots, \mu^{an_q}(l), \dots, \mu^{an_q}(k)). \quad (4)$$

Здесь $\mu^{an_q}(l)$ - функция принадлежности, ограничивающая нечеткое множество, соответствующее оценке $\alpha^{n_q}(i+1)$, на универсальном множестве $\mathfrak{D}_l(i)$. Оцениваемое состояние Ψ описывается вектором $A^\Psi(i)$, элементами которого являются нечеткие значения показателей i -го уровня.

$$A^\Psi(i) = (\mu^\Psi(1), \dots, \mu^\Psi(l), \dots, \mu^\Psi(k)). \quad (5)$$

В выражении (5) $\mu^\Psi(l)$ функция принадлежности, описывающая нечеткое множество, соответствующее оцениваемому состоянию Ψ , на универсальном множестве $\mathfrak{D}_l(i)$.

В данном случае в качестве меры близости нечетких множеств можно

использовать различные варианты, приведенные в литературе [6,8,10]. Как и в [10], в работе предлагается использовать в качестве меры близости двух нечетких множеств $\mu^{an}_q(l)$ и $\mu^v(l)$ верхнюю грань пересечения функций принадлежности

$$Q(\mu^{an}_q(l), \mu^v(l)) = \sup \min [\mu^{an}_q(l); \mu^v(l)]. \quad (6)$$

Такая процедура особенно удобна, когда функции принадлежности заданы аналитически.

При этом искомое значение определяется путем решения уравнения, полученного путем приравнивания функций $\mu^{an}_q(l)$ и $\mu^v(l)$.

С помощью выражения (6) находится степень близости каждой компоненты вектора состояния n -ой оценке. Интегрированную характеристику близости состояния Ψ оценке n можно получить, используя различные свертки [6,8,10,11]. Приоритеты критериев учитываются с помощью весовых коэффициентов. Проведя подобные вычисления для всех N оценок шкалы $D_q(i+1)$, как и в предыдущем случае в качестве искомой оценки выбираем ту, интегрированная характеристика близости для которой максимальна.

Использование нечеткого вывода в модели оценки качества.

Задача оценки качества, использующая знания эксперта, может быть формализована использованием продукционных правил, связывающих лингвистические переменные. Большинство нечетких систем используют продукционные правила для описания зависимостей между лингвистическими переменными. Типичное продукционное правило состоит из условия (часть ЕСЛИ ...) и вывода (часть ТО ...). Условие может содержать более одной посылки. В этом случае они объединяются посредством логических связок И или ИЛИ. Процесс вычисления нечеткого правила называется нечетким логическим выводом и подразделяется на два этапа: обобщение и заключение. Пусть мы имеем следующее правило:

ЕСЛИ "Качество преподавательского состава"="Хорошее"

И "Знания студентов"="Хорошие"

И "Востребованность выпускников"="Высокая"

ТО "Качество образования"="Хорошее"

На первом шаге логического вывода, который является обобщением знаний экспертов, необходимо определить функции принадлежности всего условия рассматриваемого правила. Для этого в нечеткой логике, как правило, используют два оператора: $\text{MIN}(\dots)$ и $\text{MAX}(\dots)$. Первый вычисляет минимальное значение функции принадлежности, а второй - максимальное значение. Когда применять тот или иной оператор, зависит от того, какой связкой соединены посылки в правиле. Если использована связка И, применяется оператор $\text{MIN}(\dots)$. Если же посылки объединены связкой ИЛИ, необходимо применить оператор $\text{MAX}(\dots)$. В литературе приведены и другие варианты формализации связок И и ИЛИ [10]. Этот шаг, по сути дела, предназначен для построения модели объекта, которая в нечеткой логике представляется нечетким отношением. Пусть $X = \{x_1, \dots, x_2, \dots, x_i\}$ и

$Y = \{y_1, \dots, y_2, \dots, y_m\}$. Нечетким отношением R называется нечеткое множество, определенное на декартовом произведении $X \times Y$, которому соответствует функция принадлежности $\mu^R : X \times Y \rightarrow [0, 1]$; $\mu^R(x, y)$ отражает соответствие $x \in X$ и $y \in Y$ нечеткому отношению

$$R = Ax \times B = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m (\mu^A(x_i) \wedge \mu^B(y_j)) / (x_i, y_j). \quad (7)$$

Здесь $A \subseteq X, B \subseteq Y$ – нечеткие множества, заданные на универсальных множествах X и Y ; \wedge означает оператор MIN, \sum – объединение элементов; $x_i \in X; y_j \in Y$ дискретные значения на универсальных шкалах соответственно X и Y .

Нечеткое отношение R формируется на основе правил продукции. Для правила, приведенного выше, нечеткое отношение имеет вид

$$R = Ax \times B \times C \times D = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (\mu^A(x_i) \wedge \mu^B(y_j) \wedge \mu^C(w_k) \wedge \mu^D(q_n)) / (x_i, y_j, w_k, q_n). \quad (8)$$

Здесь $A \subseteq X, B \subseteq Y, C \subseteq W$ – нечеткие множества, описывающие значения показателей в части ЕСЛИ (в нашем случае для трех показателей нечеткие множества описывают лингвистические значения “Хорошее”, “Хорошие”, “Высокая” но на разных универсальных множествах), $D \subseteq Q$ – нечеткое множество, описывающие значения показателей в части ТО (в нашем примере имеется одно нечеткое множество, соответствующее лингвистической оценке “Хорошее”); x_i, y_j, w_k, q_n – дискретные значения на соответствующих шкалах. Полученное в результате выполнения (8) значение функции принадлежности соответствует степени совместимости условия и вывода для каждого набора (x_i, y_j, w_k, q_n) из декартового произведения $X \times Y \times W \times Q$. Правила, подобные вышеприведенным, формулирует специалист, хорошо знающий предметную область. Набор правил, представляет собой ту информацию, на базе которой формализуется модель объекта. При этом набор правил должен удовлетворять условию полноты и непротиворечивости. Содержательно это означает, что для каждого текущего состояния (x_i, y_j, w_k, q_n) существует хотя бы одно управляющее правило, функция принадлежности которого отлична от нуля. Непротиворечивость системы правил трактуется как отсутствие правил, имеющих сходные посылки и различные взаимоисключающие следствия. Для каждого правила из набора, сформулированного экспертом, получаем нечеткое отношение (8). Будем обозначать его индексом, соответствующим порядковому номеру правила: $R_i, i=1, 2, \dots, N$, где N – количество правил. Совокупность всех правил (модель оценки качества) представляется в виде обобщенного нечеткого отношения

$$R = \bigcup_{i=1}^N R_i \quad (9)$$

с функцией принадлежности для каждого набора $(x_i, y_j, w_k, q_n) \in X \times Y \times W \times Q$, определяемой как

$$\mu^R(x_i, y_j, w_k, q_n) = \bigcup_{i=1}^N \mu^{R_i}(x_i, y_j, w_k, q_n). \quad (10)$$

Операция $\bigcup_{i=1}^N$ означает нахождение максимального элемента из $i=1, 2, \dots, N$. Используя модель оценивания (9), для любого входного условия, даже не встречавшегося в правилах, сформулированных экспертом, на основе композиционного правила вывода

$$A' = (A' \times B' \times C') \circ R \quad (11)$$

получим нечеткое множество D' , соответствующее оценке качества. В выражении (11) знак \circ означает МАХ-MIN композицию, т.е. нахождения MIN по всем наборам (x_i, y_j, w_k) при определенной величине q_n . МАХ в (11) берется по $q_n \in Q$. Значения A', B', C' соответствуют нечетким множествам, описывающим оцениваемую ситуацию. Полученный результат D' требует интерпретации. При этом полученный результат можно отнести к одной из оценок $D_i \subseteq Q, i = 1, 2, \dots, L$, используя для этой цели, как и предыдущем разделе, задачу классификации. Другой подход называется дефаззификацией и предназначен для избавления от нечеткости. Для этого существует несколько методов: метод центра максимума, метод наибольшего значения, метод центроида [10]. При использовании этого подхода на шкале оценок определяется четкое значение оценки. Как видно из (8), при нахождении нечеткого отношения используются дискретные значения на универсальных шкалах, хотя сами шкалы могут быть и непрерывными. Это вызвано особенностью алгоритма (8), который лишь в простейших случаях допускает аналитическую реализацию. Несмотря на кажущуюся простоту, построение нечеткого отношения сопряжено с вычислительными трудностями. Пусть для описания объекта с помощью правил продукции используется 7 показателей (это совокупность входных-выходных показателей). На шкале изменения каждого показателя зададим 100 дискретных значения. Тогда, для сохранения модели объекта в виде нечеткого отношения, потребуется 100^7 байт памяти, или 10^5 Гбайт (в случае, если для функции принадлежности запоминать лишь два разряда после запятой, т.е. обходиться одним байтом). Понятно, что в настоящий момент это нереализуемо. Предлагается следующий вариант для реализации алгоритма. Пусть на шкале, разбитой на 100 дискрет, заданы пять нечетких множеств, характеризующих интенсивность проявления определенного свойства. В этом случае примерно для 20 дискрет функция принадлежности будет отлична от нуля. При выполнении первой части композиционного правила вывода (11) - реализации оператора MIN окажется, что те наборы дискретных значений декартового произведения, которые содержат дискреты, имеющие для входных данных нулевые

значения функции принадлежности, также будут иметь функции принадлежности, равные нулю. Поэтому часть нечеткого отношения, содержащую дискреты, имеющие для входных данных нулевые значения функции принадлежности, можно не хранить в памяти. Таким образом, нечеткое отношение строится не на всем декартовом произведении шкал показателей, а на его подмножестве. В этом случае для рассмотренного примера, если считать, что лишь на пятой части шкалы значения функции принадлежности отличны от нуля, размер необходимой памяти будет равен 20^7 , т.е. 1,3 Гбайта. Однако, выигрывая в памяти, мы проигрываем в скорости: теперь для нахождения оценки при других входных условиях, необходимо вновь находить нечеткое отношение.

Заключение. В данной работе рассматриваются возможные подходы к задаче оценки качества образования. Для решения этой задачи используется аппарат теории нечетких множеств. Рассмотренные идеи по оценке качества были реализованы программно. При этом использовался графический интерфейс, который в удобной форме позволяет задавать и редактировать функции принадлежности, задавать правила продукции, определять конечную оценку.

Литература

1. Растопшина И.А. Деятельность негосударственных вузов по повышению качества подготовки специалистов.- М.: Изд-во МосГУ, 2006.
2. Ресурс internet: http://www.psyline.ru/articles/4902_pokazатели-kachestva-obrazovaniya.aspx
3. Борисова Е. Качество образования и место высшей школы в обществе/ Е.Борисова//Alma Mater/Вестник высшей школы. 2003. №11. С.9-14.
4. Кликунов Н. К проблеме оценки качества подготовки специалистов/ Н.Кликунов//Alma Mater/Вестник высшей школы. 2002. №4. С.9-12.
5. Куцев Г.Ф. Обеспечение качества высшего образования в условиях рыночной экономики//Педагогика. 2004. №3. С.12-23.
6. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений.- М.: СИНТЕГ, 1998. - 376с.
7. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. - М.: Радио и связь, 1981. -560с.
8. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. -165с.
9. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - М.: Статистика, 1980. - 263с.
10. Кафаров В.В., Дорохов И.Н., Марков Е.П. Системный анализ процессов химической технологии. Применение метода нечетких множеств. - М.: Наука, 1986. - 360с.
11. Терехина А.Ю. Анализ данных методами многомерного шкалирования. - М.: Наука, 1986. - 168с.

Колчков В.И.

Московский государственный машиностроительный университет
(МАМИ),
профессор кафедры «Стандартизация, метрология и сертификация»
micr@bk.ru

Практика создания и применения образовательного интернет-ресурса

Аннотация

В статье показаны возможности открытых образовательных интернет-ресурсов. Обоснована основная цель их создания - повышение качества и доступности образования. Показаны пути развития открытых интернет-ресурсов. Определено их место в образовательном процессе в сочетании с традиционными средствами обучения. Отмечена роль преподавателя в разработке и размещении в Интернете собственных проектов. Изложен опыт создания и применения открытого консультационно-информационного образовательного Интернет-ресурса «Точность-Качество» как независимой информационной среды, так и в качестве электронного информационного приложения к учебнику.

Электронный ресурс и классический учебник.

Применение информационных технологий в образовательном процессе позволяет создать условия для оптимального сочетания различных технических и методических возможностей обучения. К достоинствам электронных средств обучения и, в частности, электронных ресурсов, следует отнести: расширение индивидуализации обучения; большую вариативность представления учебного материала; возможность моделирования практических работ, связанных проведением многократных опытов, например измерений, и целый ряд других.

Учебник в методической литературе определяется как основное средство обучения и противопоставляется второстепенным средствам - пособиям для обучаемого или преподавателя. Теория учебника разрабатывалась в то время, когда основным носителем информации была книга, поэтому обеспечение взаимодействия печатного учебника и дидактических материалов на электронных носителях вызывает необходимость развития новых подходов в сфере образовательного процесса.

В настоящее время средства информационных технологий начинают активно применяться как инструмент образования, однако имеющиеся программные продукты не всегда вписываются в существующую схему проведения занятия. Поэтому возникает необходимость подстраивать под них учебный процесс. При этом следует учитывать, что процесс

модернизации образования длительный и требует учёта всех особенностей конкретной ситуации, в частности, преподаваемой дисциплины, технических возможностей, целесообразности и т. д.

Комплексное интегрирование в систему образования новых информационных технологий ставит вопрос о рациональном распределении всего объема курса между традиционным учебником и электронным приложением к нему. Классический учебник - центральное звено обучения, он выполняет управляющие функции по отношению ко всем остальным составляющим учебно-методического комплекса, он традиционно лучше приспособлен для вдумчивого чтения, осмысления написанного, понимания прочитанного и повторения усвоенного. Возможно, поэтому электронный учебник, по нашему мнению, в обозримом будущем едва ли заменит традиционный, а только дополнит его теми элементами, которые печатный учебник реализовать не может. Его отличие от традиционного учебника - это значимая наглядность, красочность и динамичность представляемого материала, что существенно повышает мотивацию к учению. Электронный ресурс позволяет активно оперировать необходимой информацией, работать с моделями реальных процессов, самостоятельно проверять степень усвоения пройденного материала с помощью тестирования. Электронный образовательный ресурс может частично взять на себя функции преподавателя (интерактивность, взаимодействие, контроль) и печатного учебника (наличие информации, стремление к самостоятельному изучению материала).

В настоящее время происходит структуризация рынка разработчиков образовательных ресурсов. Увеличился интерес к электронным изданиям со стороны традиционных учебных издательств, но при этом неактивно привлекаются к разработке электронных версий авторы традиционных учебников. Разработка электронных приложений часто сводится к повторению структуры и формата печатного учебника - в нем те же страницы, но уже электронные, с выделенными "активными зонами", "кликнув" на которые, обучаемый получает дополнительную информацию или выполняет задания. На самом деле проблема выходит за эти рамки и необходимо при разработке электронного ресурса максимально реализовать его преимущественные возможности.

Основные отличительные признаки электронного ресурса от печатного учебника, на наш взгляд состоят в следующем:

1. Каждый печатный учебник (на бумажном носителе) рассчитан на определенный исходный уровень подготовки обучаемых и предполагает конечный уровень обучения. По многим общепрофессиональным предметам имеются учебники обычные (базовые), повышенной сложности, факультативные и др. Электронный ресурс по конкретному учебному предмету может содержать материал нескольких уровней сложности. При этом он будет весь размещен на одном электронном носителе, содержать иллюстрации и анимацию к тексту, многовариантные задания для

проверки знаний в интерактивном режиме для каждого уровня.

2. Наглядность в электронном ресурсе значительно выше, чем в печатном учебнике. Наглядность обеспечивается использованием при создании электронных учебников мультимедийных технологий: анимации, звукового сопровождения, гиперссылок, видеосюжетов и т.п. Например, в учебнике по метрологии дается общая информация о тех или иных измерениях, а на компьютере можно наблюдать действия оператора при их проведении, движение отдельных элементов средства измерения, зафиксировать измерительную позицию и др.

3. Электронный ресурс обеспечивает разнообразие проверочных заданий, тестов, позволяет все задания и тесты давать в интерактивном и обучающем режиме. При неверном ответе можно давать верный ответ с разъяснениями и комментариями.

4. Электронные ресурсы являются по своей структуре открытыми системами. Их можно дополнять, корректировать, модифицировать в процессе эксплуатации.

Разработка Интернет-ресурса

В настоящее время можно говорить о тенденции слияния образовательных и информационных технологий. Не проводя сравнительного анализа локальных и глобальных сетевых технологий, можно утверждать, что последние обладают значительно более широкими возможностями и позволяют формировать на основе Интернета принципиально новые интегрированные технологии обучения. Развитие и распространение информационных технологий в различных сферах человеческой деятельности, а также неуклонно возрастающая доступность Интернета для разных слоев общества, позволяет сделать вывод о возможности широкого применения интернет-технологий в сфере образования, что является составляющей перехода от индустриального к информационному обществу. Развитие сетевых информационных технологий направлено на повышение возможностей и доступности распространения и получения информации, что открывает большие перспективы в сфере образования. Это потребует развития, а в некоторых случаях и изменения не только форм образования, но и технологии обучения, в частности, методов распространения и получения знаний, при этом появляются новые возможности обновления содержания материала, а также расширения доступа к дополнительному образованию. Изменяется и роль преподавателя в учебном процессе, повышается эффективность взаимодействия с аудиторией, что способствует лучшему восприятию переданной информации и трансформированию её в знания, в понимание, умение, навыки. Роль преподавателя должна сместиться в сторону большего участия в управлении познавательным процессом, своевременной модернизации преподаваемого курса, дистанционному консультированию самостоятельных работ обучаемых и др. Управление включает интерактивное взаимодействие обучаемых и преподавателя,

предполагающего обмен информацией всеми подходящими для данных условий современными средствами. Интерактивное взаимодействие помогает студенту включиться в творческий процесс, мотивирует активную работу, направленную на получение знаний, желание самореализации и состоятельности каждого проявляется в группе всех участников образовательного процесса.

Участнику системы образования необходимо иметь доступ к тем знаниям, в которых он нуждается и в первую очередь для духовного и профессионального роста, а также формирования мировоззренческих позиций в современном информационном обществе. Получение знаний и дальнейшее их практическое применение в процессе обучения в значительной мере будет зависеть от степени открытости образовательных и научных ресурсов. Возникает потребность сделать доступ к образованию максимально открытым.

Формально процесс обучения можно представить в виде прямых и обратных взаимодействий участников учебного процесса: преподаватель - студент; студент - преподаватель; преподаватель - лекции - практические занятия - консультации - студент; студент - все виды самостоятельной работы - посещение лекций, практических занятий - преподаватель - все формы контроля знаний.

Из представленной последовательности можно сделать вывод о возможности формализации отдельных стадий процесса обучения. При этом повышение качества образования будет достигнуто именно за счет этой формализации, на основе повышения эффективности взаимодействия преподавателя со студентом на всех этапах, в большей или меньшей степени на каждом из них. Этого можно достичь на основе пропорционального, зависящего также и от формы обучения, использования информационных Интернет-ресурсов.

Основные цели, которые ставились нами при разработке образовательного консультационно-информационного интернет-ресурса «Точность-Качество» следующие:

- 1) доступность учебных материалов и консультационно-информационных ресурсов для всех заинтересованных лиц независимо от временного промежутка и местонахождения;
- 2) возможность создания элементов информационно-коммуникативной среды образовательного учреждения;
- 3) создание комфортной среды обучения, как для преподавателя, так и для студента одним из условий которой является оперативный доступ к новейшим учебным материалам;
- 4) включение в образовательный процесс людей, имеющих ограничения по здоровью;
- 5) выравнивание возможностей получить образование для различных социальных групп населения;
- 6) возможность оптимизации количества специализированных

аудиторий в учебном заведении за счет перенесения некоторых составляющих образовательного процесса, например, рубежного контроля, зачетного тестирования и др. в любые другие условия, где есть Интернет.

Основным условием при создании интернет-ресурса была его максимальная автономность. На практике это означает, что все программные решения и действия выполняются на удалённом сервере, т.е. клиентские модули на ПК обучаемого (пользователя) устанавливать нет необходимости. Это следует из того факта, что установка таких модулей в ряде случаев нежелательна, а иногда и просто запрещена админом.

Практика применения интернет-ресурса

Практика применения консультационно-информационного ресурса "Точность-Качество" (<http://micromake.ru>) подтвердила правильность вышеупомянутых положений. Здесь же отметим, что создание такого Ресурса требует определенных знаний не только, что естественно, предмета, но и определенного умения в разработке внешнего оформления, создания надлежащей навигации, а самое главное - поддержание интернет-ресурса на достаточном уровне, соответствующем его назначению. Образовательный ресурс «Точность-Качество» предназначен студентам, аспирантам, инженерам, а также работникам, занятым в сфере производства. Ресурс предусматривает возможность интерактивного взаимодействия преподавателя со студентами on-line, благодаря внутренним возможностям сервера (контакты, сообщения, форум, чат), а также дополнительно (при возможности установки на ПК пользователя): Skype, ICQ, E-mail. Ресурс содержит возможность самоконтроля и тестирования. Из приведенного описания Ресурса можно сделать вывод о достаточно широком спектре взаимодействия в процессе обучения. Конечно, знакомство с Ресурсом вызовет у ряда преподавателей закономерное сомнение, в том, что цель может не оправдать те физические, интеллектуальные, а иногда и материальные затраты, которые необходимо вложить конкретному преподавателю. Обращаем внимание, что основные действия должны исходить именно от конкретного преподавателя, т.к. имеющиеся технические и людские возможности образовательного учреждения в полной мере не заменят преподавателя, ввиду его уникальных профессиональных особенностей. В этом смысле Ресурс также должен быть в определенной степени уникален и поэтому требует от преподавателя значительных трудозатрат. Но как раз в этом случае и произойдет слияние образовательных и информационных технологий. Следует сделать вывод, что применение информационных интернет-технологий - это движение в направлении повышения качества обучения путем повышения эффективности взаимодействия преподавателя со студентом на этапах образовательного процесса и одновременном расширении возможностей этого взаимодействия. При этом существенно повышается комфортность труда как для студента, так и для преподавателя.

Приведём примеры применения отдельных модулей Ресурса в учебном процессе на примере общепрофессиональных дисциплин технического профиля: «Метрология, стандартизация и сертификация», «Основы взаимозаменяемости», «Технология машиностроения».

При изучении перечисленных дисциплин необходимо выполнить самостоятельные работы: по сертификации оборудования; провести аудит конструкторско-технологической документации; провести метрологическую экспертизу и поверку средств измерений; выполнить расчеты точности и др. Все они могут предусматривать статистическую обработку массива случайных чисел.

ФОРМИРОВАТЕЛЬ ДАННЫХ К САМОСТОЯТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ

Массив случайных значений физической величины

Физич. величина (ФВ) $X =$ 1 Половина размаха ФВ $0.5 |R| =$ 2

Число наблюдений $N =$ 3 4

Результаты наблюдений 5

Эмпирические параметры выборки

Центр группирования $MX =$ 6

Мах отклонение от среднего $|V| =$ 7

Рис. 1. Формирователь результатов наблюдений

Для решения подобных задач в Ресурсе предусмотрен модуль формирования исходных данных. Так, например, при выполнении студентами курсовой работы «Сертификация оборудования системы жизнеобеспечения населенного пункта» требуется провести статистическую обработку результатов многократных равноточных измерений. Цель - анализ состояния технологического процесса обработки и контроля деталей, входящих в ответственные соединения. Действия по формированию массива результатов наблюдения пояснено на странице <http://micromake.ru/old/msis/zadankrmsis/slCIFri.htm> на примере обработки вала. На рис. 1 представлен формирователь, позволяющий получить базу данных, представляющих собой либо генеральную совокупность, либо выборку случайных чисел. Например, в окне 1 указывается номинальный размер, в окне 2 предполагаемый диапазон рассеяния, выбранное число измерений N , ставится в окне 3, при нажатии кнопки 4 в окне 5 получаем результаты наблюдений. Далее полученные результаты эксперимента копируются в Excel и проводится статистическая обработка результатов наблюдений. Подобные задачи встречаются и в других дисциплинах. Массив случайных физических величин (ФВ) может состоять из геометрических, механических, электрических и других ФВ.

В процессе обучения у студентов возникают вопросы, связанные с выполнением разделов учебного плана. Оперативное реагирование на них со стороны преподавателя обеспечивается модулем «Контакты» <http://www.micromake.ru/index.php?page=kontakt>, где накоплена большая база вопросов и ответов на них. Кроме модуля «Контакты», предусмотрена возможность обращения с последующим получением ответа по e-mail.

Интерактивность общения дополняется модулями «Форум» и «Тьютор» (требуется авторизация). Преподаватель-тьютор общается со студентом в чате или на форуме <http://micromake.com>.

Во всех случаях решается определенный круг задач, связанных с высвобождением времени преподавателя для осуществления индивидуального подхода к студенту, содействием самостоятельной и творческой работе студента, а также поддержкой коллективной работы группы (Форум). Преподаватель по-прежнему остается главным звеном процесса обучения, с важнейшими функциями поддержки мотивации и интерпретации обучения группы или конкретного студента. В тоже время, электронная образовательная среда способствуют формированию и новой роли преподавателя. В такой высокоинформативной среде преподаватель и студент равны в доступе к информации, содержанию обучения, поэтому преподаватель уже не может быть единственным источником фактов, идей, принципов и другой информации, его новая роль в обучении - это наставник (тьютор).

Модуль «Видео» <http://www.micromake.ru/old/media/media.htm> - позволяет изучать взаимодействие инструмента и обрабатываемой детали или функционирование механизмов и узлов энергетических машин.

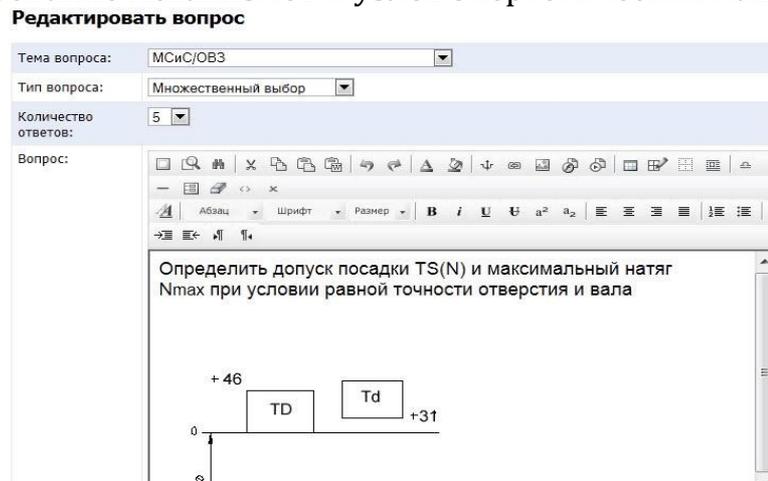


Рис. 2. Редактор вопросов теста

Ресурс позволяет самостоятельно проверять степень усвоения пройденного материала с помощью тестирования для этого предусмотрен многофункциональный, настраиваемый преподавателем по различным параметрам модуль «Тест» <http://micromake.ru/tests/index.php>. Вход на модуль «Тест» осуществляется по логину и паролю, которые могут быть выданы по запросу. На рис. 2 представлена позиция редактирования вопроса с возможностью выбора типа вопроса: «Множественный выбор», «Множество ответов», «Истина/Ложь», «Прямой ввод», «Эссе (произвольный ответ)». Устанавливается количество ответов. Выбирается шкала оценок: пятибалльная, пройдено/не пройдено, ECTS или др. При необходимости ограничивается время прохождения тестов, перемешиваются вопросы, ответы и др. Возможен самоконтроль и анализ

своих ответов. При необходимости студент может воспользоваться электронным учебным пособием и методическими указаниями по изучению дисциплины, где даны темы и соответствующие им наименования дидактических единиц по ГОС, а также приведены ссылки на разделы электронного учебного пособия.

Важной функцией модуля является анализ разработанных преподавателем вопросов. На рис 3. представлена позиция, показывающая статистику по одному из вопросов теста. Здесь видно, что по данному вопросу почти все неправильные ответы относятся к одной формулировке ответа, что означает необходимость выяснения причины этого факта. Как правило, вопросы и составляются с некоторой «ловушкой», позволяющей выяснить «заблуждение» большинства студентов при трактовке тех или иных свойств объекта, в данном примере – свойств системы допусков и посадок.

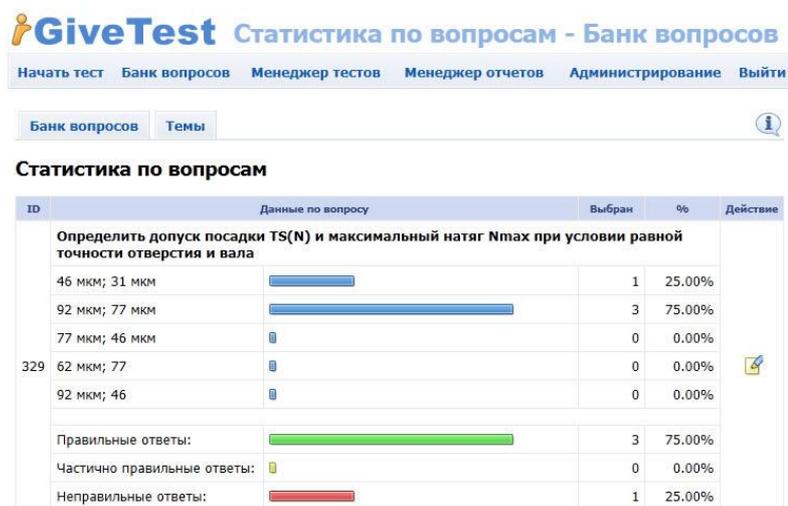


Рис. 3. Статистика по вопросам

Результаты тестирования студент видит на своей личной странице в виде количества правильных ответов (баллов), доли правильных ответов и оценки по установленной преподавателем шкале.

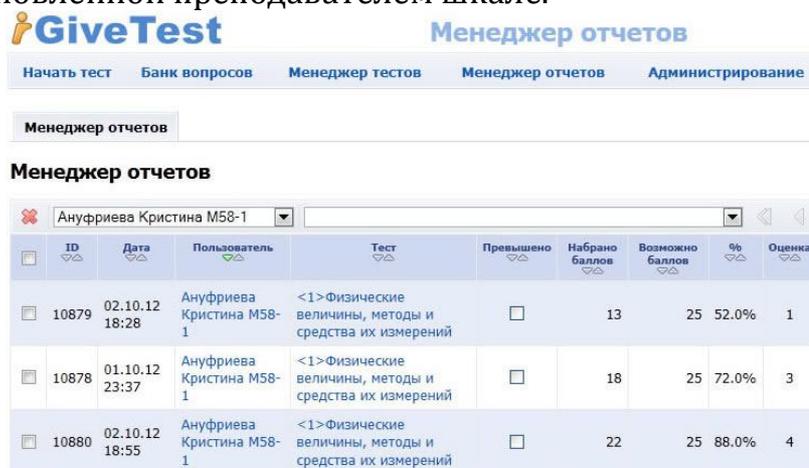


Рис. 4. Результаты тестирования

Установленный на сервере ресурса модуль «Watch» позволяет

преподавателю проводить анализ индивидуальной работы каждого студента при посещении Ресурса: просмотренные страницы, время просмотра.

Интернет-ресурс «Точность-Качество» как информационное приложение к учебнику

Создание электронного ресурса — решение хотя и исключительно важной, но лишь части проблемы, необходима привязка к печатному изданию в виде учебника или учебного пособия. Нами проводилась разработка указанных вопросов и апробирование ряда решений на практике. Одновременно с написанием учебника параллельно создавался интернет-ресурс, таким образом, чтобы материал этих источников дополнял друг друга и был взаимосвязан. Ресурс разрабатывался как сетевое электронное приложение с функциональными возможностями: on-line тестирование, общение, оперативная информация, просмотр медиаматериалов, моделирование процессов и т.д. Результат - учебник (гриф МО РФ) «Метрология, стандартизация и сертификация» М.: Владос, 2010. 400 с. и электронное приложение к нему «Консультационно-информационный ресурс «Точность-Качество», зарегистрированный в качестве открытого для свободного доступа в ФГУП «Научно-технический центр Информрегистр», за № 0220611114, сетевой адрес: <http://www.micromake.ru> можно считать попыткой создания взаимосвязанного образовательного материала, в котором в определённой пропорции значимые функции выполняют печатный учебник и электронный интернет-ресурс.

Литература

1. Кейптаунская Декларация Открытого Образования: Открывая будущее открытым образовательным ресурсам (сент. 2007) (<http://www.capetowndeclaration.org/translations/russian-translation>)
2. Государственная программа Российской Федерации "РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАНИЯ" на 2013-2020 годы (проект)

Милов В.Р.,

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е.
Алексеева,
заведующий кафедрой «Электроника и сети ЭВМ»
vladimir.milov@gmail.com

Егоров Ю.С.,

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е.
Алексеева,
инженер кафедры «Электроника и сети ЭВМ»
ckar@list.ru

Алипова Н.А.

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е.
Алексеева,
ассистент кафедры «Электроника и сети ЭВМ»
alipovana@mail.ru

Формирование учебного контента в интеллектуальной системе поддержки информационных процессов подразделения ВУЗа

Аннотация

Функционирование современного ВУЗа в постоянно изменяющихся информационных условиях требует не только эффективной обработки больших объемов данных и оперативного принятия решений, но и достаточной гибкости информационной структуры как ВУЗа в целом, так и его отдельных подразделений (факультетов / институтов и кафедр).

С целью поддержки функционирования подразделений ВУЗа (в частности кафедр), особенно при переходе на ФГОС 3, возникает острая необходимость в разработке системы поддержки информационных процессов, которая позволила бы не только централизованно хранить явные знания подразделения в удобном формате, позволяющем эффективно использовать эти знания, но и способствовала превращению отдельных элементов явных знаний в неявные.

Внедрение подсистемы автоматизированного формирования учебного контента в информационные процессы ВУЗов в рамках разрабатываемой системы поддержки информационных процессов должно повысить эффективность и качество работы сотрудников и обучения студентов. Ожидается, что развиваемый подход к формированию учебного контента, основанный на разработке процедур обработки неструктурированной, разнородной информации с помощью автоматизированной подсистемы позволит повысить эффективность

получения знаний и их актуализацию за счет объединения формализуемых и неформализуемых знаний. Применение предложенного подхода будет способствовать интеллектуализации процессов обработки информации и ее оптимизации.

Внедрение системы поддержки информационных процессов кафедры которая позволит автоматизировать обновление явных и неявных знаний ВУЗа, позволит повысить эффективность работы сотрудников, как в области организации учебного процесса, так и в научно-исследовательской деятельности.

Функционирование современного ВУЗа в постоянно изменяющихся информационных условиях требует не только эффективной обработки больших объемов данных и оперативного принятия решений, но и достаточной гибкости информационной структуры как ВУЗа в целом, так и его отдельных подразделений (факультетов / институтов и кафедр).

Согласно модели «спираль знаний» в рамках организации существует два вида знаний – формализованные (явные) и неформализованные (неявные):

- **формализованные знания** содержатся в письмах, докладах, отчетах (то есть могут быть отображены в виде документов);
- **неявные знания** являются экспертными и интуитивными знаниями, ощущениями, впечатлениями, мнениями (то есть «субъективное знание, накапливающееся в головах людей»).

При изменении внешних условий функционирования организации возникает необходимость обновления, как формализованных (явных) так и неформализованных (неявных) знаний, причем первые обновляются быстрее и проще вторых. В связи с этим на определенном этапе может возникнуть конфликт обновленных явных знаний (соответствующих новым условиям функционирования организации) с неявным знанием сотрудников, не успевшим перестроиться на новые условия. В результате часть сотрудников (особенно те, кто на протяжении долгого времени выполняет один и тот же набор обязанностей в рамках организации/подразделения) продолжают работу на базе «устаревших» неявных знаний. Это приводит к снижению эффективности труда, необходимости многократно исправлять и переделывать ту или иную работу, вследствие чего и к невозможности выполнить в срок отдельные задачи, особенно те, сроки выполнения которых в новых условиях изменились.

В связи с переходом на новые образовательные стандарты высшего профессионального образования высшие учебные заведения поставлены в новые условия функционирования, в связи с чем, возникла необходимость обновления как формализованных (явных) так и неформализованных (неявных) знаний подразделений (самих ВУЗов, факультетов/институтов,

кафедр).

К явным знаниям в случае обеспечения учебного процесса в ВУЗе относятся: образовательные стандарты высшего профессионального образования, учебные планы, построенные в соответствии с этими стандартами, примерные основные образовательные программы высшего профессионального образования, рабочие программы дисциплин, учебно-методические комплексы, учебный контент (методические указания, учебные пособия, данные электронных образовательных информационных ресурсов) данные по НИР, приказы, распоряжения, поручения и т.д.

К неявным знаниям относится многолетний опыт работы сотрудников кафедр, отвечающих не только за преподаваемые ими дисциплины и научно-исследовательские работы, но, что более ощутимо, отвечающих, в том числе, и за своевременную подготовку поручений и различных приказов (о составе ГАК, о закреплении дисциплин, о назначении на практику, об утверждении тем ВКР и т.д.)

Обновление **явных знаний** в рамках подразделения ВУЗа начинается с изменения внешних условий, так например, каждые 3-5 лет происходит изменение образовательных стандартов. В настоящее время осуществлен переход на ФГОС 3. Каждый ВУЗ получает новые стандарты, на основании которых в нем начинается подготовка (изменение) документации, касающейся учебного процесса в новых условиях. На уровне кафедр разрабатываются учебные планы в соответствии с новыми стандартами (полученными извне организации) а так же с направлениями и профилями (определяемыми в рамках факультета/ института). Так же на уровне кафедр разрабатываются рабочие программы по дисциплинам, читаемым преподавателями кафедры (на основании утвержденных учебных планов), дисциплины заново распределяются по преподавателям. Вместе с тем постоянного обновления требуют и учебные материалы.

Обновление **неявных знаний** в рамках подразделения ВУЗа заключается в том, что одновременно большому числу сотрудников необходимо принять к сведению большой объем новой для них информации. Кроме того ситуация осложняется тем, что для каждого отдельного преподавателя изменяется набор читаемых дисциплин, изменяется и перераспределяется педагогическая нагрузка в целом по кафедрам и по отдельным преподавателям. Для учебно-вспомогательного персонала изменяются сроки подготовки отчетной документации.

С целью поддержки функционирования подразделений ВУЗа (в частности кафедр), особенно при переходе на ФГОС 3, возникает острая необходимость в разработке системы поддержки информационных процессов, которая позволила бы не только централизованно хранить явные знания подразделения в удобном формате, позволяющем эффективно использовать эти знания, но и способствовала превращению отдельных элементов явных знаний в неявные.

Первая задача системы поддержки информационных процессов

кафедры представляет собой организацию централизованного хранения явных знаний подразделения и их обработка и подразумевает решение следующих вопросов:

1. Какие данные нужно хранить?
2. Как эффективно формировать и обрабатывать учебный контент?
3. Каков наиболее подходящий формат для каждого вида хранимых данных?
4. Какова структура хранения этих данных?
5. Какова наиболее подходящая реализация такой структуры?

Благодаря централизованному хранению всех данных, связанных с работой кафедры, решается ещё одна важная задача – поддержка *единой версии* документа в каждый момент времени, а так же доступность в системе *актуальных версий* документов.

1. Данные, которые необходимо хранить в системе поддержки информационных процессов кафедры можно разделить на следующие группы:

1.1. Данные о людях:

- о студентах, магистрантах, аспирантах (эти данные необходимы для формирования приказов) (возможно так же хранение данных об успеваемости студентов младших курсов по результатам контрольных недель для облегчения и повышения эффективности деятельности кураторов и своевременного информирования их о «проблемных» студентах в их группах)
- о сотрудниках (ФИО, тел, e-mail, должность, и т.д.)

1.2. Данные, касающиеся организации учебного процесса:

- учебные планы (профилей кафедры, а так же профилей, для которых кафедрой читаются те или иные дисциплины)
- данные о закреплении дисциплин за кафедрой
- данные о распределении дисциплин между преподавателями кафедры
- рабочие программы дисциплин (с возможностью группировки по преподавателям, по профилям, по дисциплинам). Текущее состояние подготовки рабочих программ, год подписи.
- служебные записки (касающиеся учебного процесса)

1.3. Данные, касающиеся научно-исследовательской деятельности сотрудников кафедры:

- данные о результативности НИР (списки публикаций сотрудников: статьи, тезисы, монографии, учебные пособия, учебники, методические указания; патенты; открытия; свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и т.д.)
- данные о грантах (тема, руководитель, сроки, исполнитель)
- данные о наградах, премиях, полученных сотрудниками кафедр
- данные о НИЧ (темы НИР, ТЗ, заказчик, сроки выполнения,

ответственный исполнитель – данные для составления отчетов). Текущее состояние НИР – завершена / в процессе работы / подготовка отчета.

1.4. Материалы для студентов/ магистрантов/ аспирантов:

- электронные варианты статей, тезисов, монографий, учебных пособий, учебников, методических указаний, разработанных на кафедре
- перечень литературы по темам (тематические подборки)
- другие методические материалы (виртуальные лабораторные работы, обучающие видеоролики, презентационные материалы, необходимые для проведения лекционных, практических или семинарских занятий, электронные варианты лекций и другие электронные методические материалы) и др.

1.5. Дополнительные данные.

2. Одним из направлений повышения эффективности обучения с помощью электронного контента, представления и усвоения информации является автоматизация процесса формирования электронного учебного контента. Создание подсистемы автоматизированного формирования учебного контента поможет решить проблему унификации разнородного материала и преобразования его в учебный контент, благодаря подходу, основанному на поиске, структуризации, обработке и представлении информации в виде, удобном для обучения.

3. Наиболее подходящий формат для каждого вида хранимых данных следует выбирать исходя из планируемой формы представления этих данных пользователю, а так же специфики самих данных (частоте обновления, доступности для редактирования всем сотрудникам или только автору документа и т.д.). Например, тексты рабочих программ целесообразно хранить в формате .pdf, и в качестве формы представления в конечном интерфейсе применять программу, которая позволит задать необходимую структуру для такого типа данных, т.е. даст возможность группировать рабочие программы по преподавателям, а так же по профилям подготовки, направлениям и т.д. Такие «оглавления» могут храниться в формате .xml.

4. Структура хранения данных в системе должна быть максимально адаптирована к специфике информационных потоков на конкретной кафедре, а так же к специфике самих данных. В качестве вариантов хранения данных могут рассматриваться базы данных, хранилища данных, информационные хранилища (каталоги и т.д.), а так же различные комбинированные структуры. Ввиду большой разнородности хранимых данных наиболее подходящим выглядит вариант с использованием комбинированных структур, позволяющий собрать в единую информационную структуру данные разного формата и назначения с учетом особенностей использования каждого вида этих данных (частые но

незначительны изменения; изменения в монопольном или многопользовательском режиме; редкие изменения, при частом просмотре и т.д.).

5. Определять реализацию той или иной структуры хранения данных в системе необходимо, когда сама эта структура будет окончательно определена, а так же будут определены все основные операции над каждым видом хранимых данных, т.к. именно от совокупности этих факторов зависит выбор конкретной реализации.

Вторая задача системы поддержки информационных процессов кафедры – формирование новых неявных знаний. Превращению отдельных элементов явных знаний в неявные может способствовать подсистема напоминаний о различных событиях и сроках подготовки тех или иных документов в рамках системы поддержки информационных процессов кафедры. Кроме того такая система могла бы помочь быстрее сориентироваться вновь принятому на работу сотруднику.

События, вводимые в систему поддержки информационных процессов кафедры соответствуют группам хранимых данных:

1.1 События, касающиеся организации учебного процесса:

- сроки предоставления на кафедру студентами тем выпускных квалификационных работ (меняются при внесении изменений в учебные планы);
- сроки подготовки приказов об утверждении тем выпускных квалификационных работ (меняются при внесении изменений в учебные планы);
- сбор информации о распределении студентов и магистрантов на практику;
- сроки подготовки приказов о направлении на практику (меняются при внесении изменений в учебные планы);
- приказы о переводе студентов на следующий курс;
- приказы на дипломы (сроки подготовки приказов/печать дипломов/получение бланков дипломов) (меняются при внесении изменений в учебные планы);
- отчеты и индивидуальные планы аспирантов (не меняется);
- индивидуальный план преподавателя (не меняется).

1.2. События, касающиеся научно-исследовательской деятельности сотрудников кафедры:

- конференции (сроки проведения конференций, сроки подачи заявок и публикаций (статей/тезисов)) (не меняется);
- подготовка документов о результативности НИР (публикации сотрудников кафедры: статьи, тезисы, монографии, учебные пособия, учебники, методические указания; патенты; открытия; свидетельства о регистрации программ для ЭВМ) (не меняется);
- сроки сдачи отчетов по НИР;

- заявки на печать (публикацию) методических пособий.
- 1.3. События, связанные со студентами/преподавателями:
- контрольные недели студентов младших курсов (подведение итогов кураторами групп);
 - даты рождения сотрудников.
- 1.4. Другие события:
- работа со школьниками – НОУ «Эврика» (сроки подачи заявок, согласования тем и назначения руководителей, сроки выполнения работ, сроки проведения НОУ);
 - составление заявки на приобретение ПО и технических средств для кафедры.

Архитектура системы поддержки информационных процессов кафедры представлена на рисунке 1 [3].



Рис. 1. Архитектура системы поддержки информационных процессов кафедры

Рассмотрим подробнее подсистему формирования учебного контента. Под учебным контентом в данном случае понимается информация, поступающая из Интернет и/или Интранет в информационное хранилище автоматизированной системы в текстовом и/или графическом виде, которая впоследствии подвергается обработке.

Под обработкой понимается преобразование разнородной информации в учебный контент, согласно запросу пользователя.

Для создания подсистемы автоматизированного формирования учебного контента потребуется:

- Уточнение и развитие понятия «учебный контент».
- Разработка методики обработки контента внутри подсистемы.

- Разработка процедур обработки.
- Разработка алгоритма обработки.

Подсистема автоматизированного формирования учебного контента должна отвечать следующим требованиям:

- предоставлять пользователю возможность работать с качественным, структурированным учебным материалом;
- сокращать затраты времени на поиск, систематизацию и анализ учебного контента;
- предоставлять пользователю возможность подготовки учебного контента в различной форме согласно логике дидактики учебного процесса: «лекция – семинар – лабораторная работа – практическое занятие – зачет – экзамен».

Процесс преобразования материала в подсистеме автоматизированного формирования учебного контента приведен на рисунке 2.

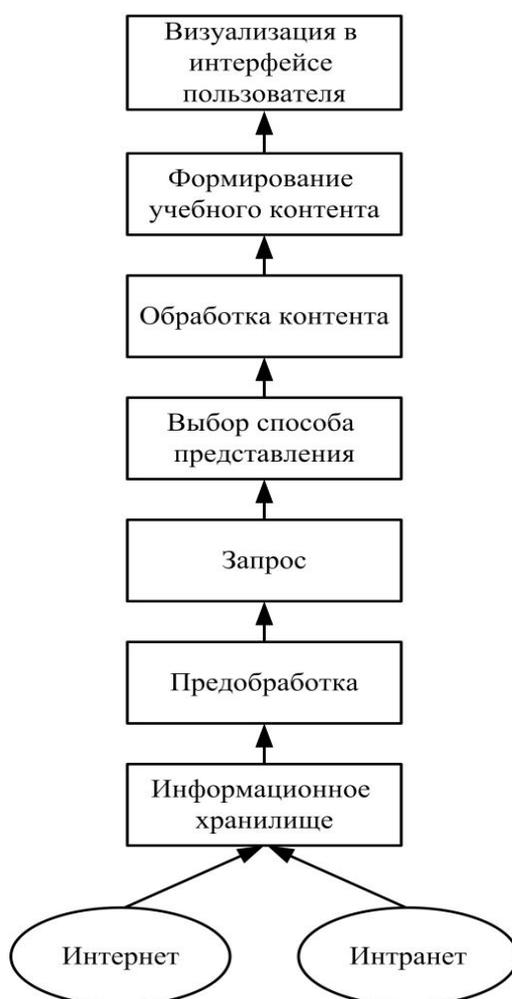


Рис. 2. Схема процесса преобразования материала в учебный контент
Сначала материал в текстовом и графическом виде загружается пользователем из сети Интернет и/или Инtranет в информационное

хранилище подсистемы. В хранилище разнородный контент подвергается предварительной обработке. При этом происходит его структуризация и категоризация в зависимости от типа и вида [4].

Затем пользователь формирует запрос, выбирает удобную для себя форму (шаблон) представления информации (рис. 3). После этого пользователь запускает процесс обработки подсистемой предобработанного материала из информационного хранилища, преобразуя его в учебный контент.

Обработанный подсистемой контент предлагается пользователю подсистемы как «концентрированная» выборка согласно содержанию запроса. Пользователь всегда имеет возможность внести изменения в полученный от подсистемы электронный материал [4].

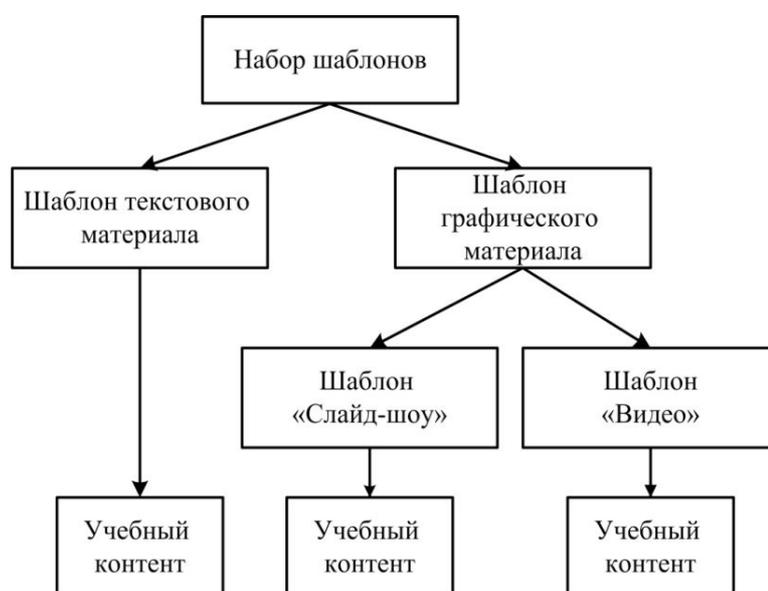


Рис. 3. Виды шаблонов формирования учебного контента

Таким образом, в ходе обработки с помощью автоматизированной подсистемы контент проходит через несколько состояний, которые можно представить в виде пирамиды (рис. 4):

1. Неструктурированный контент (контент из Интернет или Интранет).
2. Предобработанный контент (контент, занесенный в информационное хранилище).
3. Структурированный контент.
4. Обработанный системой контент.
5. Обработанный пользователем контент.

Учебный контент может быть использован в учебном процессе, как в составе системы поддержки информационных процессов кафедры, так и непосредственно на занятиях, а так же может быть загружен на учебные информационные ресурсы в Интернет.

Создание автоматизированной подсистемы позволит облегчить труд

по подготовке учебного контента для загрузки в систему поддержки информационных процессов кафедры и тем самым повысить ее эффективность.



Рис. 4. Состояния контента в автоматизированной системе

На рис. 5 представлена схема преобразования контента.

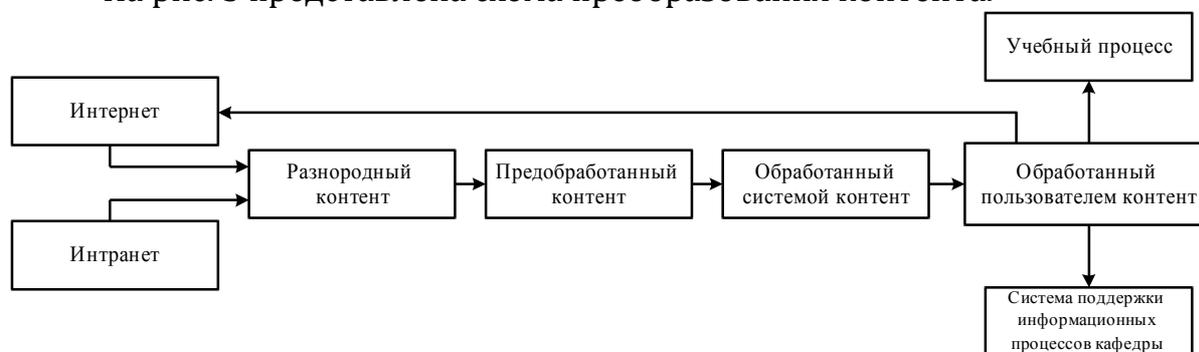


Рис. 5. Схема преобразования контента

Внедрение подсистемы автоматизированного формирования учебного контента в информационные процессы ВУЗов должно повысить эффективность и качество работы сотрудников и обучения студентов [5].

Ожидается, что развиваемый подход к формированию учебного контента, основанный на разработке процедур обработки неструктурированной, разнородной информации с помощью автоматизированной подсистемы позволит повысить эффективность получения знаний и их актуализацию за счет объединения формализуемых и неформализуемых знаний. Применение предложенного подхода будет способствовать интеллектуализации процессов обработки информации и ее оптимизации.

Внедрение системы поддержки информационных процессов кафедры которая позволит автоматизировать обновление явных и неявных знаний ВУЗа, позволит повысить эффективность работы сотрудников, как в области организации учебного процесса, так и в научно-исследовательской деятельности.

Литература

1. Нонака и Такеучи. Компания - создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах. М.: Олимп-Бизнес. 2003. 320 с.
2. Алипова Н.А., Милов В.Р., Егоров Ю.С. Система поддержки информационных процессов кафедры // Всероссийской научно-методической конференции «Инновационные технологии в образовательной деятельности» (01.02.2012) - Н.Новгород, 2012. С.18.
3. Алипова Н.А., Егоров Ю.С. Подход к разработке интеллектуальной системы поддержки информационных процессов кафедры // Труды Десятого международного симпозиума "Интеллектуальные системы "Intels'2012"). Вологда: ВГТУ, 2012. С. 260.
4. Егоров Ю.С., Алипова Н.А. Интеллектуальная система автоматизированного формирования контента // Труды Десятого международного симпозиума "Интеллектуальные системы "Intels'2012"). Вологда: ВГТУ, 2012. С. 263 .
5. Егоров Ю.С. Обучение при помощи информационных технологий // Материалы IX Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» (на CD). Н. Новгород: НГТУ, 2010. С. 28.

Мусаелян А.Г.

старший преподаватель Московского государственного университета
природообустройства
musaealla@yandex.ru

Из опыта работы по технологическому учебнику полного цикла «Математика»

В докладе будут рассмотрены вопросы проектирования и реализации дидактических функций учебно-методического обеспечения процесса формирования профессиональных компетенций ФГОС ВПО с помощью вузовского технологического учебника полного цикла и технологического мониторинга. Для раскрытия функций учебно-методического обеспечения рассмотрены разделы, изучаемые студентами технического вуза по дисциплине «Математика» на первом курсе. Специальность 220501 - «Управление качеством» приняла участие в проведение опытно-экспериментальной работы по проектированию учебно-методического обеспечения для технологического вузовского учебника «Математика» полного цикла. Реализация его радикально изменила мою традиционную преподавательскую работу по рабочей учебной программе, которая входит в учебно-методический комплекс дисциплины "Математика" для данной специальности. На первом курсе студенты данной специальности изучают следующие темы:

Таблица1. Содержание разделов

№	Название
1	линейная алгебра
2	аналитическая геометрия
3	теория пределов
4	дифференциальное исчисление функций одного переменного
5	интегральное исчисление функций одного переменного
6	дифференциальное исчисление функций нескольких переменных
7	теория дифференциальных уравнений
8	теория рядов

Именно, по данному содержанию были разработаны сформированы четыре модуля технологического учебника «Математика»:

- первый модуль - «Аналитическая геометрия»,
- второй модуль - «Дифференциальное исчисление функций одного и нескольких переменных»,
- третий модуль - «Интегральное исчисление функций одного переменного»,
- четвертый модуль - «Ряды».

Необходимо отметить, что автор акцентирует внимание на формировании **профессиональных компетенций**

(общепрофессиональных компетенций), как на **готовности студентов решать профессиональные задачи дисциплины "Математика", используя понятийный аппарат и методы высшей математики.**

Замечу, что модуль представляет собой **проект учебно-познавательной деятельности студентов**, нацеленный на формирование у них определённых компетенций. В учебной деятельности, проектируемой в модуле, моделируется предметное и социальное содержание профессионального труда, которое следует выбирать из двух основных источников: *содержания наук и содержания будущей профессиональной деятельности.* Из содержания будущей профессиональной деятельности как раз и формируется **задачно-деятельностная составляющая модуля.**

При чем известно, что технология создания модуля базируется на теории педагогических В. М. Монахова и использует:

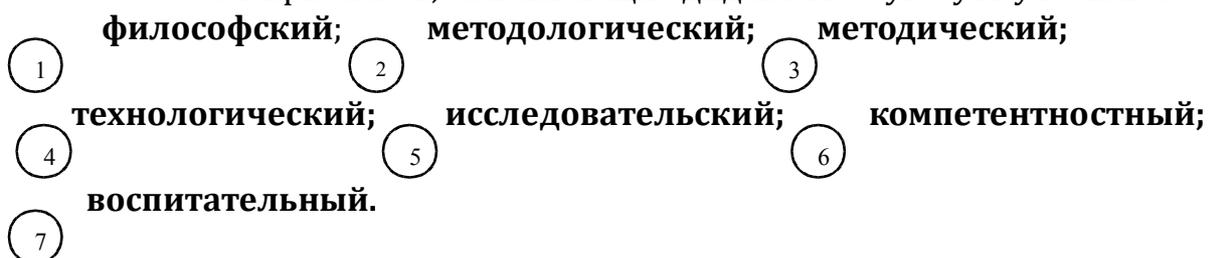
а) **параметрическую модель** учебного процесса,
 б) *технология проектирования учебного процесса и технология проектирования методической системы преподавания в вузе, точнее их модификации в условиях компетентностно-контекстного формата обучения;*

в) *систему диагностирования учебных успехов студентов;*

г) *компьютерную систему аналитической обработки результатов диагностик решения учебных задач.* Оценкой же учебных достижений студента является **фиксация факта сформированности профессиональной компетенции, как готовности студента к решению профессиональных задач** (а не как арифметическая сумма промежуточных оценок).

Общеизвестно, что учебник должен фокусировать в себе все самое лучшее, передовое, инновационное, оправдавшее себя на преподавательской практике.

Семь признаков, описывающие дидактическую суть учебника:



Остановимся на **их взаимодействиях и приоритетах:**

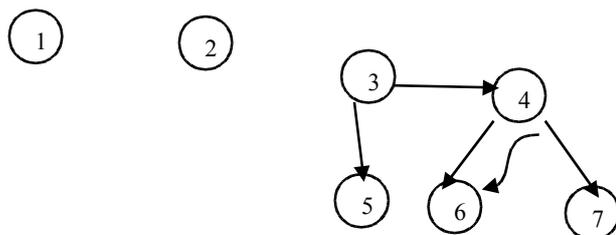


Рис.1.

Современная жизнь все настойчивее требует генерирования инноваций, привнесения нововведений, создания нового в конкретной сфере ее деятельности и оперативной реализации новшеств на практике. Под **инновацией** автор понимает то новое, что ведет к желательным для субъекта результатам. С **основными учебно-методическими инновациями**, реализованными в данном учебнике, можно ознакомиться в статье Монахова В.М. в данном сборнике.

Отметим, что технологические карты учебника вместе с **технологическим мониторингом** выполняют функцию **специальных метрик знаний** для количественной оценки сформированности компетенций – главных целей обучения;

Впервые учебник «Математика» полного цикла функционирует в методической системе с наперед заданными свойствами в органическом единстве с технологическим мониторингом, отслеживающим динамическое формирование компетенций, **качество** профессиональной подготовки студентов, **качество** проекта учебного процесса и **качество** функционирования МСП. В технологический мониторинг поступает информация от **компьютерной системы аналитической обработки результатов диагностик – КСАО**.

Семь признаков, описывающие дидактическую суть учебника, и учебно-методические инновации находятся в указанных взаимосвязяхх.

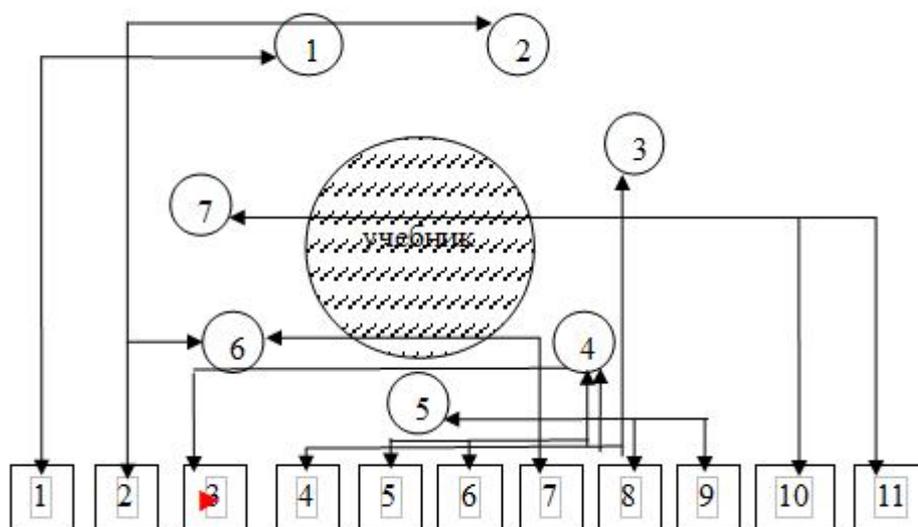


Рис.2. Взаимосвязи признаков и учебно-методических инноваций

При трактовке методического понятия «**учебник полного цикла**» определяется наличие в проекте продуктивного и эффективного учебного процесса всех последовательных стадий структурирования содержания и организации профессионального обучения: от ФГОС ВПО - документа, определяющего и регламентирующего **цель** вузовского образования, до

конечного **результата** профессионального образования, т.е. факта сформированности (или несформированности) на определенном уровне профессиональной компетенции, задаваемой стандартом. Оценка конечного результата профессионального образования должна выдаваться технологическим мониторингом, включающим **компьютерную систему аналитической обработки (КСАО)**.

Учебно-методическое обеспечение
 профессионального образования в вузе
 Управление

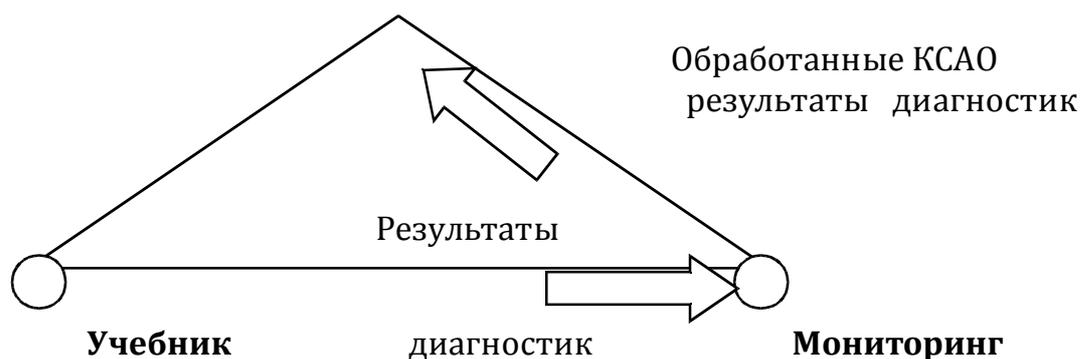


Рис.3.

Методическая переналадка затронула такие важнейшие категории учебного процесса как **целеполагание, учебный процесс, содержание учебного процесса, содержание и формы диагностики**, которые должны объективно показывать динамику и качество формируемых профессиональных компетенций студентов, в проектируемой методической системе преподавания.

Цепочка стадий полного цикла, (в статье Монахова В.М.), формирования учебно-методического обеспечения профессионального обучения дает достаточно целостное представление о содержании и характере методической переналадки в новых условиях функционирования федеральных государственных образовательных стандартов.

Еще раз обратим внимание на **инвариантные взаимосвязи**, образующие каркас целостности системы:

- от стандарта к формированию компетентностной модели выпускника,
- от многоуровневого целеполагания к структурированию содержания по модулям,
- от проектирования учебного процесса по освоению системы учебных задач к проектированию учебного процесса по освоению профессиональных задач,
- от реализации проекта учебного процесса по технологическим картам к диагностике,
- от передачи результатов диагностик КСАО до результирующей информации, выдаваемой компьютерной системой.

Таким образом, в ходе эксперимента проектировочной деятельности при изучении дисциплины "Математика" по созданию компетентностно-ориентированных модулей, как средства для формирования профессиональных компетенций:

- представляется компетентностная модель выпускника (КМВ) как сумма профессиональных компетенций K_i , вытекающих из требований ФГОС ВПО и достроенных в данном вузе - МГУПриродообустройства - кафедрой "Высшей математики",

- уточняются формулировки профессиональных задач ПЗ_{ij} (их число для каждой компетенции не более пяти), представленных в виде специально разработанных групп учебных задач УЗ_{ijk},

- по ходу решения учебных задач УЗ_{ijk}, на основе которых формируются ПЗ_{ij}, готовность решения которых определяет сформированность профессиональных компетенций K_i , которыми должен обладать каждый выпускник кафедры высшей математики,

- осуществляется формирование отдельной K_i , которая предполагает формирование готовности решать определенную группу ПЗ_{ij}, для чего каждому студенту необходимо прорешать заданную группу УЗ_{ijk}.

Таким образом, УЗ - это основная единица учебного процесса по формированию знаний, умений и навыков студентов, средство организации учебной деятельности. ПЗ - это конкретизация цели профессиональной деятельности, главная идейная вершина.

Реализация компетентностно-ориентированных модулей

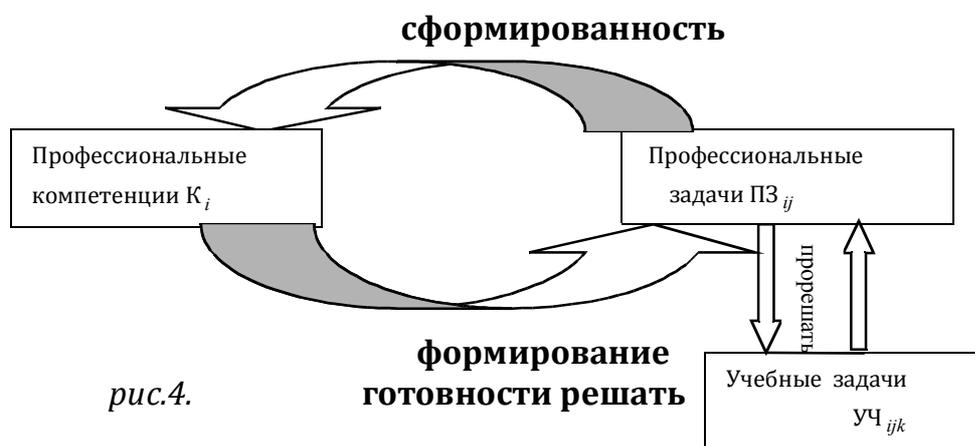


рис.4.

Таким образом, такая траектория профессионального становления выпускника представляется последовательностью компетентностно-ориентированных модулей - функциональных узлов методической системы.

Особенности структуры учебника «Математика»: данный учебник состоит из 4 модулей. В каждом модуле формируются профессиональные компетенции. Всего этих компетенций 10. Структурно содержание

технологического учебника представляют 14 технологических карт двух типов. Десять технологических карт показывают методические особенности процесса формирования десяти профессиональных компетенций. Четыре технологических карты показывают структуру каждого из четырех модулей. Каждый модуль представлен отдельным разделом учебника. Перечень формируемых профессиональных компетенций:

1. Компетенция К₁: «Готовность решать ПЗ, связанные с решением матриц, определителей, систем линейных уравнений».

2. Компетенция К₂: «Готовность решать ПЗ, связанные с выполнением свойств линейных и нелинейных операций над векторами».

3. Компетенция К₃: «Готовность решать ПЗ, связанные с составлением различных уравнений прямых и плоскостей, определяя их взаимное расположение».

4. Компетенция К₄: «Готовность решать ПЗ, связанные с вычислением основных неопределенностей при подсчете различных пределов».

5. Компетенция К₅: «Готовность решать профессиональные задачи, связанные с вычислением производной при дифференциальном исчислении функций одного переменного».

6. Компетенция К₆: «Готовность решать профессиональные задачи, связанные с применением дифференциального исчисления функций нескольких переменных»

7. Компетенция К₇: «Готовность решать ПЗ, связанные с интегральным исчислением функций одного переменного».

8. Компетенция К₈: «Готовность решать ПЗ, связанные с интегральным исчислением функций одного переменного на отрезке.»

9. Компетенция К₉: «Готовность решать ПЗ, связанные с решением различных типов обыкновенных дифференциальных уравнений».

10. Компетенция К₁₀: «Готовность решать ПЗ, связанные с исследованием различных рядов».

Итак, данный учебник ориентирован на новые стандарты высшего образования, отличительной особенностью которых является явно выраженный компетентностный характер, основанный на требованиях к результатам освоения основных образовательных программ в виде компетенций (результатов образования), подразделяемых на общие (универсальные) и профессиональные (предметно-специализированные).

Формирование отдельной профессиональной компетенции у студента предполагает умение решать определенную группу профессиональных задач. Готовность решать конкретную профессиональную задачу формируется посредством решения группы специально разработанных традиционных учебных задач. Таким образом,

профессиональная задача рассматривается как цель для проектирования группы учебных задач. А самостоятельное выполнение студентами определённой группы учебных задач должны гарантировать готовность успешного решения профессиональной задачи. Профессиональная компетенция рассматривается как цель для проектируемой группы профессиональных задач. Другими словами, самостоятельное выполнение студентами группы профессиональных задач гарантирует сформированность профессиональных компетенций.

Литература

1. Монахов В.М. Технологии проектирования методических систем с заданными свойствами//Высшее образование в России, №6, 2011.

2. Монахов В.М., Мусаелян А.Г., Монахов Д.Н. "Математика" Технологический учебник полного цикла//изд. МГУП 2012.

Нарышкин Д. Г.

ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
доцент

NaryshkinDG@mpei.ru

Компьютерная математика в курсе «Физическая химия»

Аннотация

В докладе рассмотрены образовательные возможности средств компьютерной математики (КМ) при изучении курса "Физическая химия" – фундаментальной естественнонаучной дисциплины классического химического и инженерно-технического образования. После открытия в Московском энергетическом институте (ТУ) Mathcad Calculation Server (MCS) (www.vpu.ru/mas) реализация образовательных технологий Mathcad Application может осуществляться и в рамках так называемых облачных вычислений (Cloud Computing).

1. Образовательные возможности интерактивного справочника физико-химических величин

Технология MCS позволила «оживить» данные, представленные в [1], и реализовать образовательный проект: интерактивную сетевую версию термодинамической базы данных и справочника физико-химических величин (<http://twf.mpei.ac.ru/TTHB/1/HBThermValues.html>).

Традиционные справочные пособия в виде справочника-книги, пусть и электронной, позволяют получить отдельные числа, массивы чисел, характеризующие свойства веществ и систем. Основной недостаток таких баз данных в том, что они не генерируют функциональные и графические зависимости, что значительно снижает их образовательные возможности. В среде Mathcad имеется достаточно большая коллекция встроенных функций, используя которые можно осуществить аналитическое описание (аппроксимацию) дискретной зависимости, представленной в «бумажном» справочнике, некоторой непрерывной функцией.

Технологии MCS делают интерактивную базу данных не только справочным пособием, но и инструментом познания, создавая методологию применения расчетного аппарата MCS [2] для решения как учебных, так и реальных технологических задач. Особенностью интерактивной сетевой версии справочника физико-химических величин (Рис.1) является ее образовательная направленность: в каждом Mathcad-документе указано, по каким экспериментальным данным [1] была построена аналитическая зависимость, описывающая изменение исследуемой функции, по каким соотношениям рассчитывается исследуемый параметр, выдаются графики зависимостей, что позволяет наблюдать поведение искомой величины и текущую точку на кривой.

Интерактивная база данных позволяет в режиме реального времени исследовать температурные зависимости важнейших термодинамических функций веществ и систем: температурные зависимости теплоемкостей, энтальпий и энтропий соединений, температурные зависимости изменения теплоемкостей, энтальпий, энергий Гиббса в реакциях образования веществ, а так же констант равновесия реакций образования, провести расчет их значений при заданной температуре.

Пользователь MCS [2] получает возможность вводить исходные данные в элементы интерфейса, передавая свои расчетные данные на сервер, где проводятся вычисления, и получать результаты расчетов в аналитической и графической форме, провести расчет их значений при заданных параметрах.

Chemical Engineer's Web Handbook
Проект кафедр Химии и электрохимической энергетики и Технологии воды и топлива Московского энергетического института

Позволяет рассчитать:

- температурные зависимости теплоемкости
- температурные зависимости изменения энтальпии
- температурные зависимости изменения энтропии
- температурные зависимости теплоты образования
- температурные зависимости энтропий образования
- температурные зависимости энергии Гиббса образования
- температурные зависимости констант равновесия образования веществ
- Средние ионные коэффициенты активности сильных электролитов в водных растворах в зависимости от молярной концентрации при 298 К
- Молярная электрическая проводимость разбавленных водных растворов при 298К
- Ионное произведение и рН воды в диапазоне 0-100°С в ар 1
- Растворимость соединений в воде >>>>>>
- Температурная зависимость произведения растворимости и растворимость трудно растворимых соединений
- Представлены термодинамические свойства (Thermodynamic property) простых веществ (simple substance >>>)
- неорганических соединений (inorganic compounds)
- углеводородов (hydrocarbons >>>)
- кислородсодержащих органических соединений (organic compounds with oxygen >>>)
- температурные зависимости констант равновесия важнейших газовых реакций >>>
- Средние ионные коэффициенты активности сильных электролитов в водных растворах в зависимости от молярной концентрации при 298 К >>>
- Молярная электрическая проводимость разбавленных водных растворов при 298К >>>
- Ионное произведение и рН воды в диапазоне 0-100°С
- Истинные атомные и молекулярные теплоемкости в интервале температур 10 – 298К >>>
- температурная зависимость произведения растворимости и растворимость трудно растворимых соединений
- Предельная молярная электрическая проводимость ионов в воде в зависимости от температуры и молярная электрическая проводимость ионов в воде в зависимости от концентрации
- Расчет парциальных молярных величин >>>
- Конспект лекций по химической кинетике >>>
- Кинетические расчеты
- Расчет концентрации и степени превращения в необратимых реакциях >>>
- Создано в Mathcad Application/Calculation Server

Рис. 1. Структура интерактивной термодинамической базы данных и справочника физико-химических величин

Графические иллюстрации дают наглядное представление о характере их изменения. Наглядность полученных результатов повышает возможность их смыслового анализа. Возможности технологии MCS иллюстрируется Mathcad – документами 1 — 8.

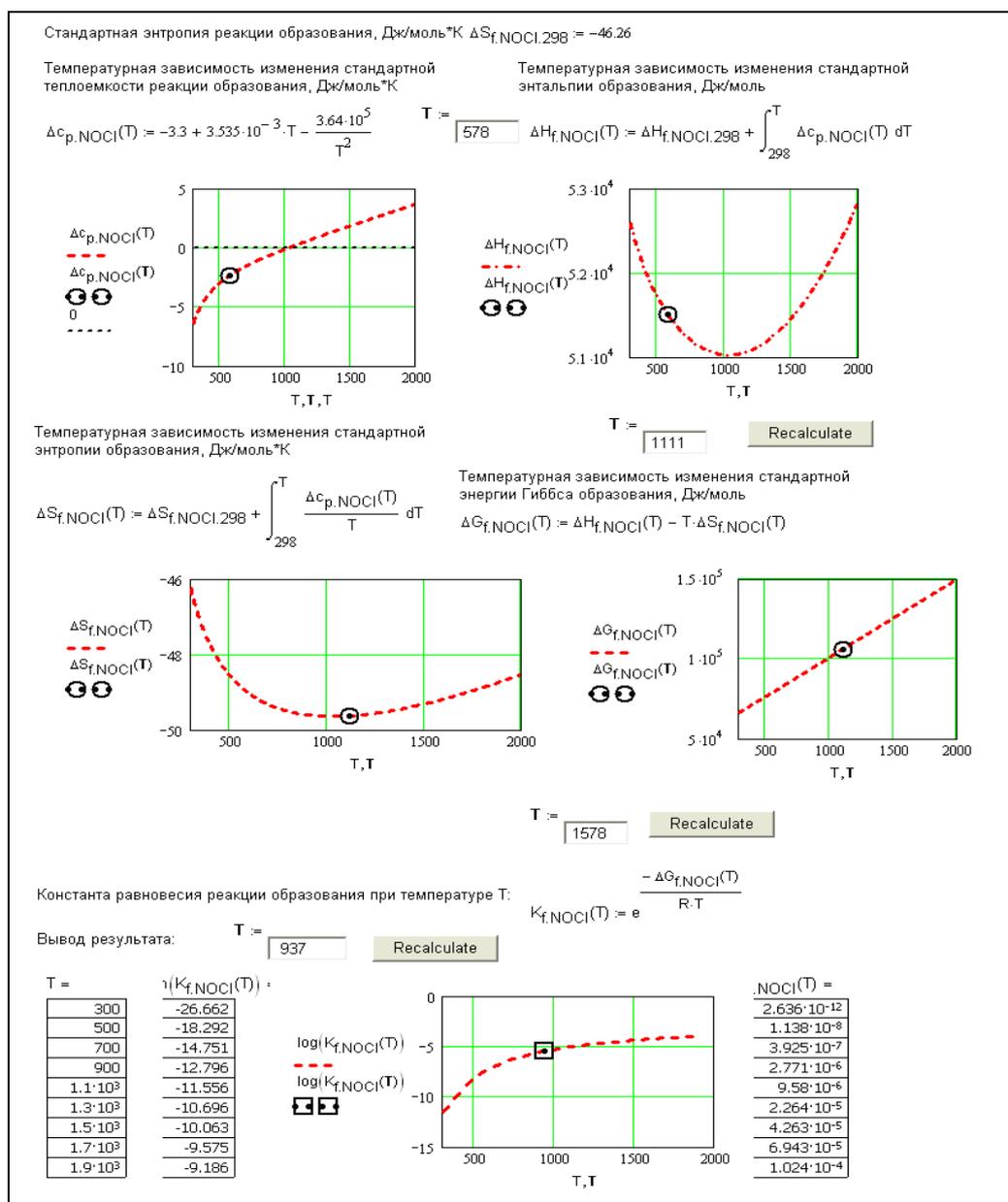


Рис. 2. Фрагмент Mathcad – документа 1: температурная зависимость термодинамических характеристик реакции образования NOCl

В базе данных представлены температурные зависимости констант равновесия важнейших газовых реакций.

Константа равновесия реакций, не представленных в базе данных, может быть определена по константам равновесия реакций образования веществ – компонентов исследуемой реакции (Рис. 2-4). Температурные зависимости констант равновесия реакций образования определялись, аппроксимируя табличные дискретные закономерности [1] аналитическими зависимостями (Рис. 3).

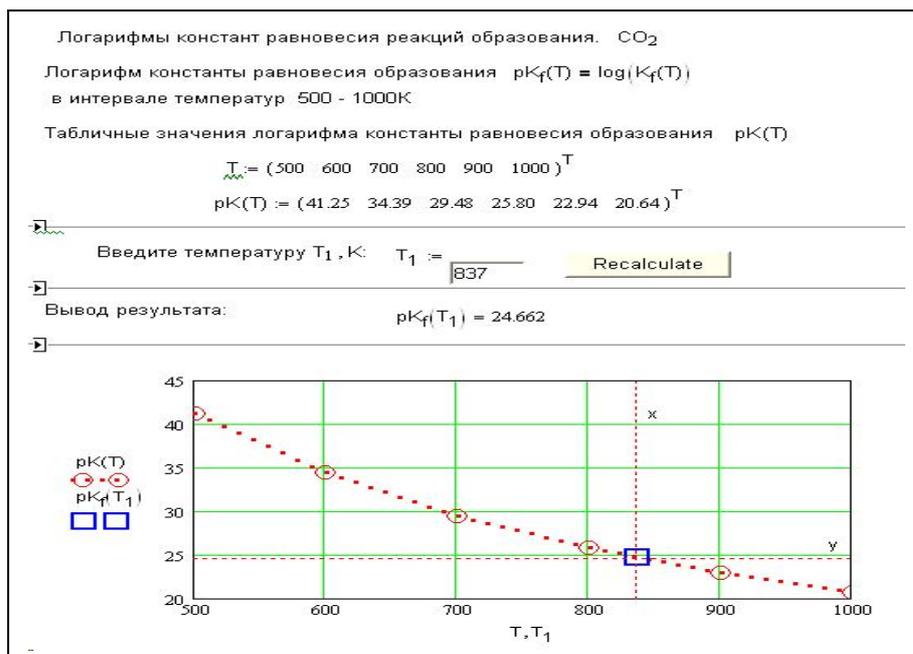


Рис. 3. Фрагмент Mathcad – документа 2: построение по экспериментальным данным зависимости $\log K_f(T)$ реакции образования CO_2

Возможность матричных операций в Mathcad позволяет, используя матричную форму закона Гесса (Рис. 4), определить температурную зависимость константы равновесия реакций с участием этих веществ и провести их расчет при некоторой заданной температуре.

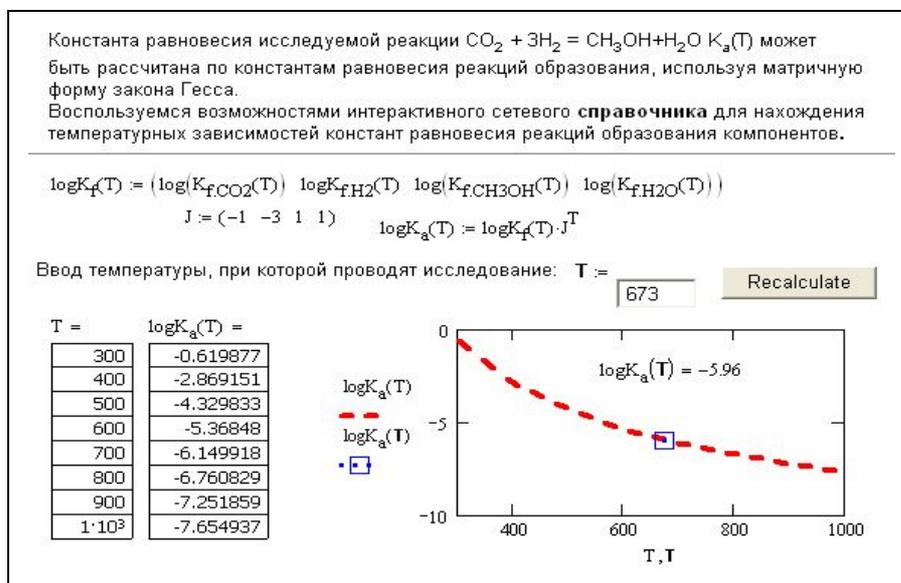


Рис. 4. Фрагмент Mathcad – документа 3: матричная форма расчета константы равновесия реакции по константам равновесия реакций образования компонентов

Интерактивный справочник физико-химических величин позволяет рассчитать температурную зависимость ионного произведения воды и pH

воды от температуры (Рис. 5), а так же температурные зависимости произведения растворимости и растворимость труднорастворимых соединений.

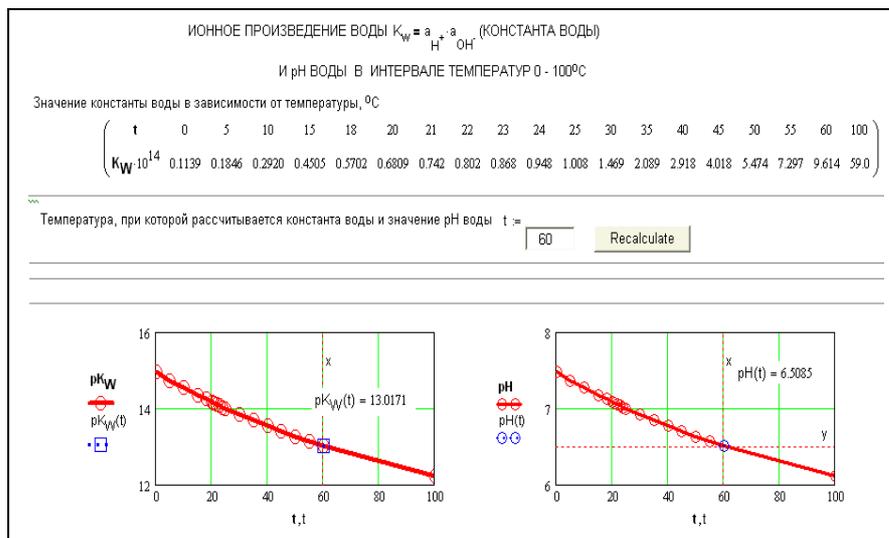


Рис. 5. Фрагмент Mathcad – документа 4: ионное произведение воды pK_W и pH воды в зависимости от температуры

Кроме рассмотренных, сетевой справочник физико-химических величин позволяет рассчитать и исследовать:

- средние ионные коэффициенты активности сильных электролитов в водных растворах в зависимости от моляльной концентрации;
- предельную молярную электрическую проводимость ионов в воде в зависимости от температуры и концентрации;
- средние ионные коэффициенты активности сильных электролитов в водных растворах в зависимости от моляльной концентрации;
- коэффициенты активности реальных газов в зависимости от приведенного давления и приведенной температуры.

Технология MCS в режиме удаленного доступа позволяет провести кинетические исследования — расчет концентраций реагентов в зависимости от времени проведения процесса для основных типов химических реакций. По задаваемым пользователем кинетическим уравнениям, константам скоростей и начальным концентрациям рассчитываются кинетические кривые и значения концентраций реагентов при заданном времени проведения процесса (Рис. 6). Разумеется, основная часть документа носит образовательный характер, но может быть использована и для исследования поведения химической системы во времени.

Технология Mathcad Calculation и интерактивная базы данных позволяет использовать ее материалы в качестве лекционных презентаций - иллюстрировать изложение теоретических основ дисциплины "живыми" расчетами и их графической интерпретацией. Выявленные закономерности

иллюстрируют теоретические основы дисциплины, их практические приложения, позволяют сделать акцент на сущностном подходе к решению реальных задач и возможным методам их решения.

Рассмотрим один из возможных сценариев лекционных презентаций, иллюстрирующих связь константы равновесия с изменением стандартной энергии Гиббса и тепловым эффектом реакции, информативность температурной зависимости константы равновесия на примере константы диссоциации муравьиной кислоты (Рис. 7-8). Парадоксальность (но ведь «...гений, парадоксов друг»!) хода температурной зависимости (Рис. 7) обычно вызывает удивление аудитории, заставляет задуматься и искать причину такой зависимости.

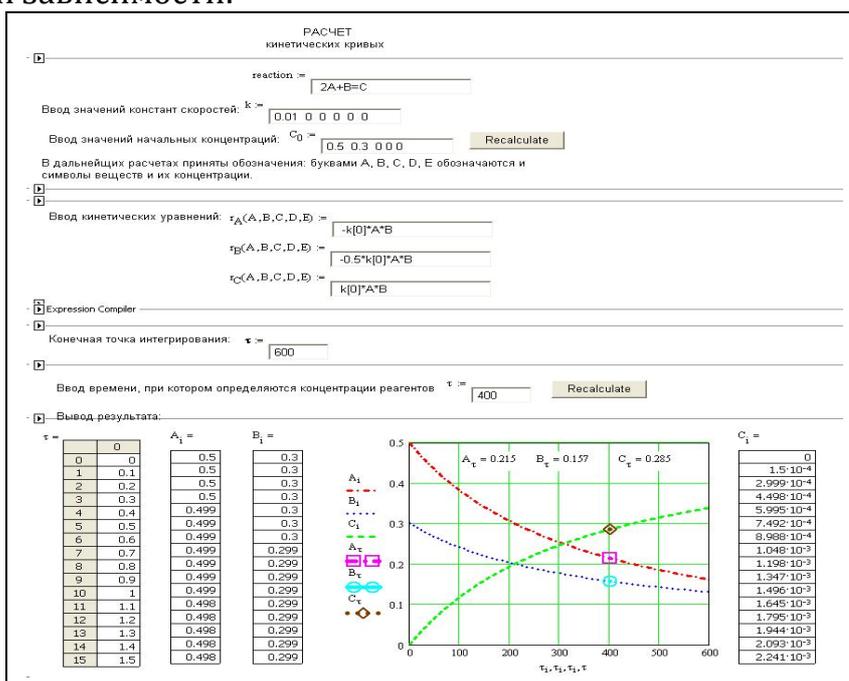


Рис. 6. Фрагмент Mathcad – документа 5: расчет кинетических кривых реакции 2A+B→C

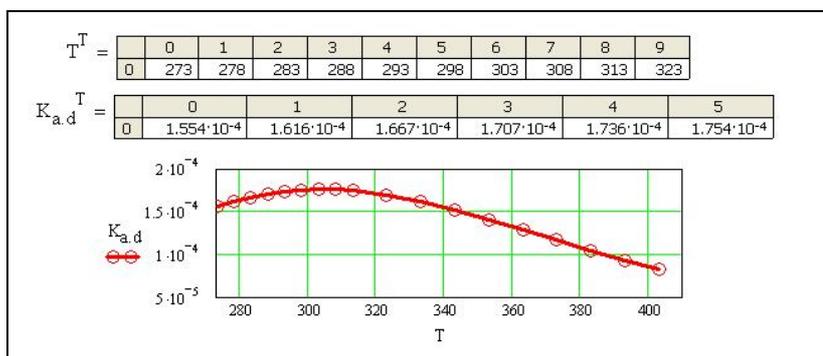


Рис. 7. Фрагмент Mathcad – документа 6: экспериментальная зависимость константы диссоциации муравьиной кислоты от температуры

По экспериментальным данным, используя регрессию в виде

линейной функции пользователя, определена аналитическая зависимость логарифма константы диссоциации от обратной температуры (Рис. 24):

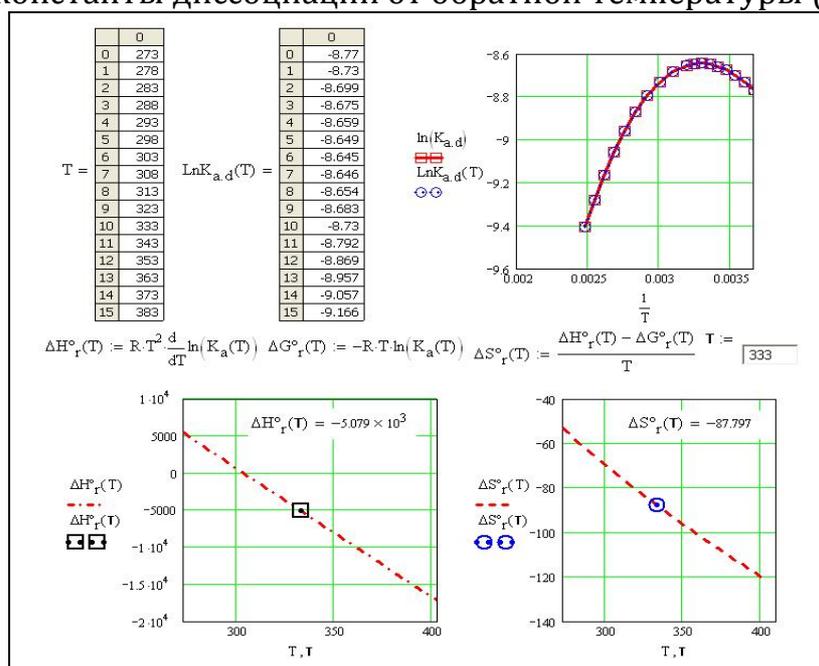


Рис. 8. Фрагмент Mathcad – документа 6: зависимость теплового эффекта и энтропии диссоциации муравьиной кислоты от температуры

Используя изобару Вант-Гоффа, определяется температурная зависимость теплоты диссоциации, а связь константы диссоциации с изменением стандартной энергии Гиббса и энтропией диссоциации позволяют определить изменение (уменьшение!) энтропии диссоциации. И снова получен неожиданный результат, требующий обоснования.

2. Исследовательские расчетные работы по технологии Mathcad Calculation

Технология MCS предполагает возможность ввода в элементы интерфейса не только числовые данные, но и лингвистические высказывания, что позволило реализовать образовательный проект: интерактивную сетевую версию банка расчетных и контролирующих задач (<http://twtmass.mpei.ac.ru/mas/Worksheets/Chem/Nar/tests.html>), создать комплекс исследовательских расчетных лабораторных работ с элементами контроля знаний.

Существенной особенностью таких расчетных лабораторных работ является одновременная проверка понимания сути задачи, умения строить термодинамическую (Mathcad – документ 7) или кинетическую (Mathcad – документ 8) модель системы и – только после проверки («Сезам, откройся!») – предоставляется возможность проводить исследование конкретной химической системы. Пользователь понимает, для чего конкретно используются контролируемые знания и умения.

Возможности применения такой технологии иллюстрирует Mathcad

– документ 7 (Рис. 9-12), в котором проверяется умение построения термодинамической модели процесса, описывающей связь равновесного состава с константой равновесия, температурой и общим давлением в системе, и исследуется - на основании полученной модели – влияние условий проведения процесса на равновесный состав в реакции синтеза метанола.

Математическая модель, описывающая связь равновесного состава с константой равновесия, температурой и общим давлением в системе описывается уравнениями, в общем случае, нелинейными, решение которых представляет значительные трудности. Средства КМ позволяют решать такие уравнения, а, значит, исследовать поведение реальных, а не гипотетических систем, графически иллюстрировать полученные результаты. Анализ температурной зависимости константы равновесия предлагаемой реакции, представленной в интерактивной базе данных, дает возможность определить температурный интервал, в котором будет происходить исследование равновесного состава. Рис. 9 иллюстрирует фрагмент Mathcad – документа при правильном вводе уравнения, связывающего константу равновесия с равновесным составом и общим давлением в системе. При ошибочном вводе появляется сообщение об ошибке, которую, разумеется, можно исправить.

Введите соотношение, связывающее константу равновесия K_p с равновесным составом, полагая n - исходное число молей CO , m - исходное число молей H_2 , x - число молей CO , прореагировавшее к моменту равновесия. Продукты реакции в исходной смеси отсутствуют

Справка:
 при вводе формул в текстовые окошки используется нотация языка BASIC или Maple :
 ΔH вводится как DH, арифметические действия: +(плюс), -(вычитание и минус), *(умножить), /(поделить), ^ (возведение в степень), ^(-m) (возведение в отрицательную степень)
 Следите за скобками при вводе выражений!
 После открывающей скобки целесообразно сразу ввести закрывающую и затем в скобки ввести нужное выражение.

Будут затруднения - обратитесь к HELP

Если уравнения написаны правильно, ниже появятся их изображения.
 Если допущена ошибка - появится сообщение об ошибке: "Error"

$K_p := \frac{x^{n-2} (n-x)^{m-2} P^{-(n+m-2)}}{(x/(n-x))^{n-2} (P/(n+m-2))^{m-2}}$
Recalculate

$K_p = "(x/((n-x)*(m-2*x)))*(P/(n+m-2*x))^(-2)"$

Рис. 9. Фрагмент Mathcad – документа 7: ввод соотношения, связывающего константу равновесия с равновесным составом и общим давлением в системе

Поскольку из смыслового анализа задачи известно, что корень уравнения существует и известен интервал (a,b), внутри которого он находится, для решения можно воспользоваться встроенной функцией $root(f(x),x,a,b)$. В этом месте документа еще одна проверка понимания задачи: необходимо правильно ввести интервал (Рис. 10).

Введите n - исходное число молей CO, m - исходное число молей H₂ и P - давление, атм.

n := m := P :=

$$K_p(x) := \text{Maple}(K_p(x)) \rightarrow \frac{x}{(n-x) \cdot (m-2 \cdot x) \cdot P^2} \cdot (n+m-2 \cdot x)^2 \quad K(T) := K_a(T)$$

Задайте температуру процесса, K T := K(T) = 0.081

f(x) := a := b :=

$$f(x) := \text{Maple}(f(x)) \rightarrow \frac{x}{(n-x) \cdot (m-2 \cdot x) \cdot P^2} \cdot (n+m-2 \cdot x)^2 - K(T)$$

solution := root(f(x), x, a, b) solution = 0.332

Рис. 10. Фрагмент Mathcad – документа 7: ввод начальных условий и решение уравнения при заданных условиях

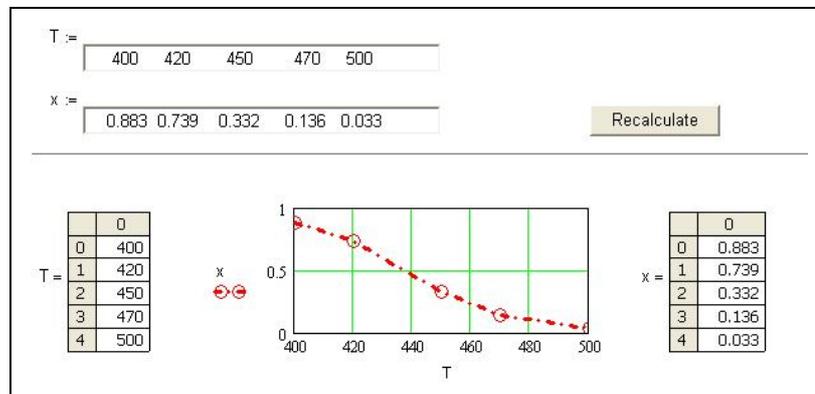


Рис. 11. Фрагмент Mathcad – документа 7: решения уравнения в зависимости от температуры и его графическая иллюстрация

В этом месте документа еще одна проверка понимания: необходимо правильно ввести соотношения, определяющие молярные доли компонентов в равновесной смеси (Рис. 12).

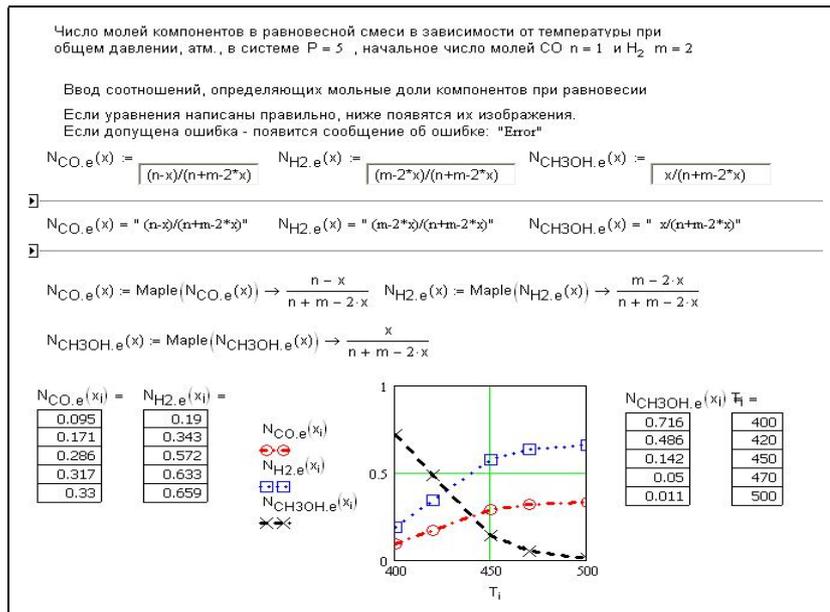


Рис. 12. Фрагмент Mathcad – документа 7: молярные доли компонентов в равновесной смеси в зависимости от температуры

Возможности применения рассматриваемой технологии иллюстрирует так же Mathcad – документ 8 (рис. 13-14), в котором проверяется умение - на основании постулатов химической кинетики – выводов кинетических уравнений и исследуется - на основании полученных уравнений - зависимости концентраций реагирующих веществ от времени протекания процесса многостадийной реакции, влияние соотношения между константами скоростей на ход кинетических кривых.

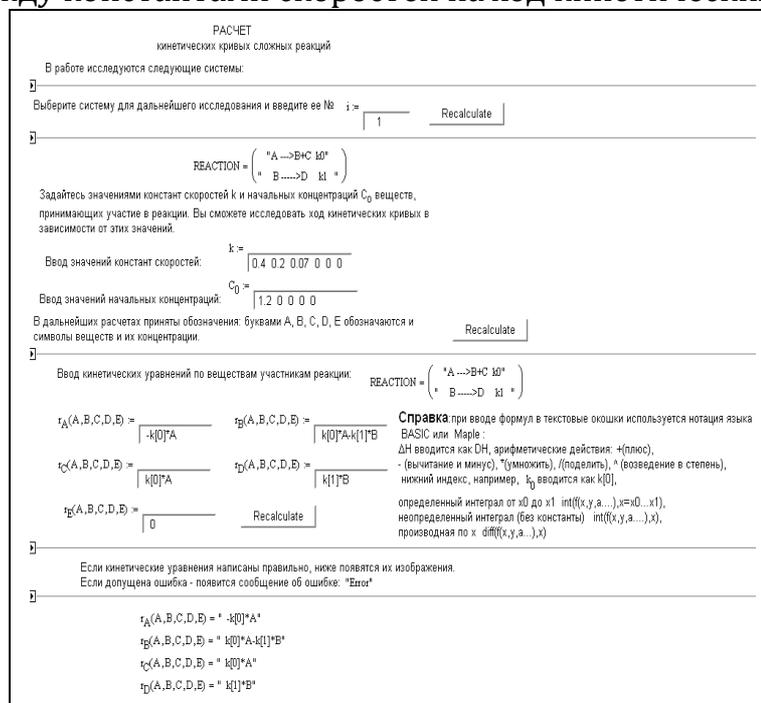


Рис. 13. Фрагмент Mathcad – документа 8: ввод начальных условий, кинетических уравнений стадий и вывод результата

При ошибочном вводе кинетических уравнений выдается сообщение об ошибке, которую, разумеется, можно исправить, и при правильном вводе - проводится расчет зависимости концентраций реагирующих веществ от времени протекания процесса. Пользователь может изменить начальные условия - значения констант скоростей и начальных концентраций реагентов и исследовать эволюцию изучаемой системы при изменении этих параметров (Рис. 14).

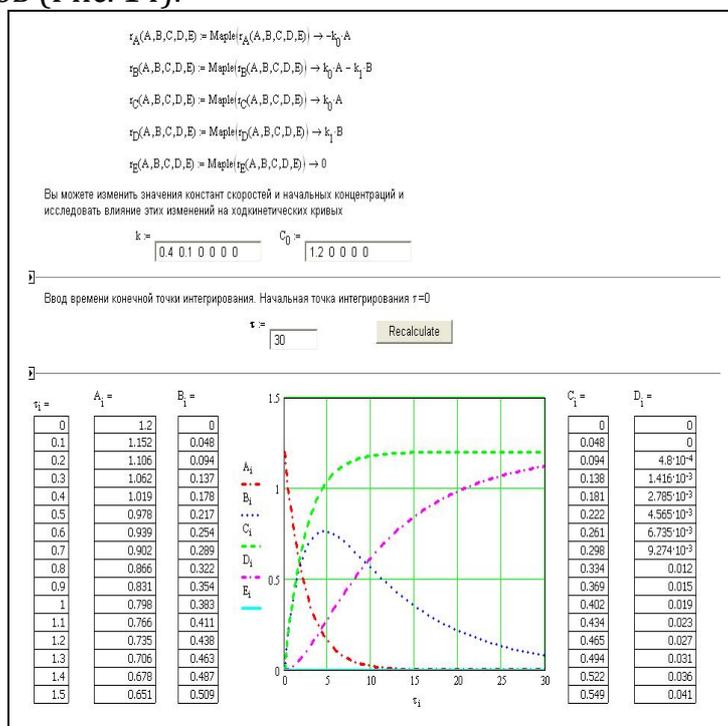


Рис. 14. Фрагмент Mathcad – документа 8: вывод результата – кинетические кривые исследуемой реакции

Применение образовательных Mathcad -технологий позволяет создавать качественно новую интерактивную информационно-учебную среду, способствует развитию познавательной активности и совершенствованию образования в области фундаментальных естественных наук.

Литература

1. Краткий справочник физико-химических величин. 12-е изд./ Под ред. А.А. Равделя и А.М. Пономаревой. СПб.: Специальная литература, 2002. 231с.
2. Очков В.Ф. Mathcad Calculation/Application Server:опыт трехлетней эксплуатации в России. // Практика применения научного программного обеспечения в образовании и исследованиях. Спб.: Издательство Политехнического университета, 2007. – С. 9–18.

Преснецова В.Ю.,

ФГБОУ ВПО "Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс", к.т.н., ст. преподав. кафедры "Информационные системы"
alluvian@mail.ru

Демина Ю.А.

ФГБОУ ВПО "Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс", к.т.н., ст. преподав. кафедры "Прикладная математика и информатика"
virginia97@mail.ru

Использование информационных технологий при управлении вузом

Аннотация

Высшие учебные заведения, относящиеся к социально-экономическим системам (СЭС), в условиях глобализации экономики решают не только вопросы подготовки высококвалифицированных кадров, но и социальные вопросы, связанные с повышением интеллектуального и культурного уровня населения, внедрением новых технологий и инноваций. Соответственно, выдвигаются новые требования к управлению вузами, ориентированные на связь с внешней средой и меняющимися условиями, постоянный мониторинг и оперативное принятие решений по совершенствованию научной и учебно-методической деятельности кадрового состава и структурных подразделений.

1 Особенности системы управления вузом

Одной из важнейших задач совершенствования системы образования является повышение эффективности управления этой системой. Деятельность любого вуза, требует управления, без которого невозможно не только его эффективное функционирование и развитие, но и само существование [1]. Задача управления вузом состоит в том, чтобы найти допустимые управляющие воздействия на вуз, имеющие максимальную эффективность повышения качества образования [2].

Анализ системы управления вузом показал, что вуз является сложным объектом управления, где объекты низшего уровня входят в объект более высокого уровня (рис. 1). Внешняя среда ставит цель, которую вуз должен достигнуть. Ректор на основании информации о достижении цели вырабатывает управляющие воздействия на объекты управления 2-го уровня (деканы) и распределяет главную цель на цели 2-го уровня, деканы вырабатывают управляющие воздействия для заведующих кафедрами (объекты управления 3-го уровня), а те в свою очередь перераспределяют

цели следующего уровня на профессорско-преподавательский состав (ППС) [4].

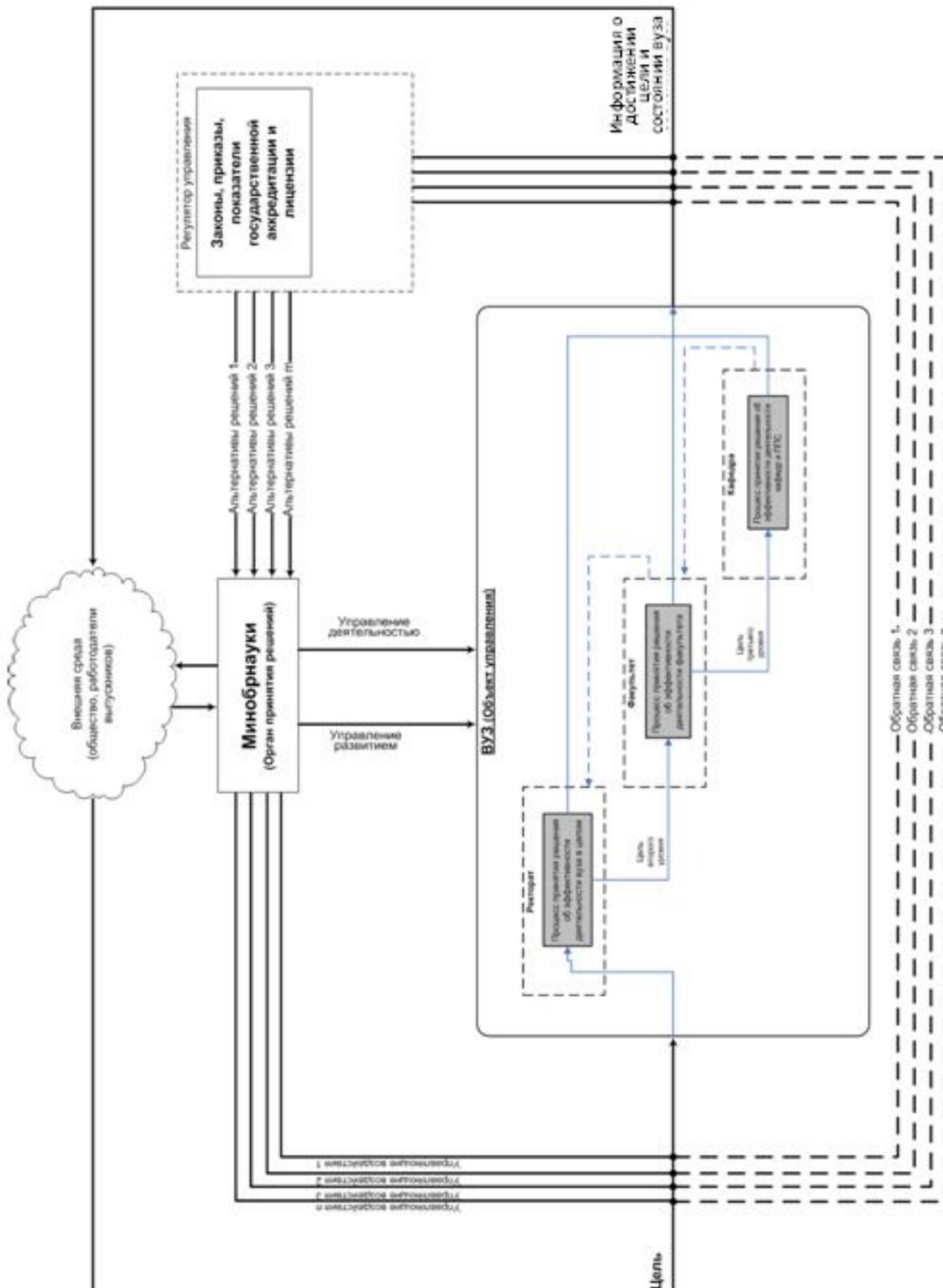


Рис. 1. Многоуровневая система управления вузом
 ППС являются исполнителями целей более низкого уровня и

выступают средствами для достижения главной цели. Причем, с помощью механизмов обратной связи происходит "заикливание" процесса принятия решения до тех пор, пока вузом не будут выполнены все поставленные цели. На каждом уровне иерархии существуют похожие "циклы".

Увеличение объема информации, поступающей в администрацию вуза, усложнение решаемых задач, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро меняющейся обстановки настоятельно требуют использовать класс вычислительных систем – системы поддержки принятия решений (СППР) [3].

2 Описание информационной системы управления вузом

Авторами была реализована информационная система поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности основных структурных подразделений и ППС вуза, которая способствует уменьшению трудоемкости принятия решений администрацией вуза по отношению к основным структурным подразделениям и ППС, автоматизации процедур визуального представления данных и формированию отчетов по любому запросу и на любой период времени, прогнозированию деятельности, разработке рекомендаций и методик принятия управленческих решений [5].

Информационная система поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности основных структурных подразделений и ППС вуза – ИСППР "Рейтинг" представляет собой веб-приложение, состоящее из PHP-скриптов, которые, в зависимости от запросов к базе данных, формируют HTML-страницы, отображаемые пользователю. Структура программного обеспечения – это клиент-серверная архитектура, в которой клиентами выступают браузеры, а сервером - веб-сервер. Корректное функционирование системы подтверждено тестированием в браузерах Internet Explorer (Windows), Opera (Linux SUSE 10.0), Kroneker (Linux Mandriva) и Safari (Apple iOS).

Были выделены основные структурные звенья информационной системы: подсистема ввода данных, подсистема контроля данных, подсистема обработки данных, подсистема формирования комплексной сравнительной оценки, подсистема управления с модулем поддержки принятия решений, подсистема визуализации данных, подсистема динамики развития и подсистема прогнозирования (рис. 2).

Отличительные особенности разработанной информационной системы:

1) модульность, упрощающая наращивание и расширение системы при последующем создании других ее компонентов;

2) многофункциональность и динамичность за счет легкой адаптации системы к различным типам образовательных учреждений, а также к другим предприятиям;

3) адаптивность системы к меняющимся внешним условиям, таким как замена аккредитационных показателей, выпуск новых законов и т.д.

4) кроссплатформенность, т.е. отсутствие привязки к работе под определенной операционной системой и браузером.

5) уменьшение трудоемкости принятия решений администрацией вуза за счет автоматизации процедур визуального представления данных и автоматического формирования отчетов по любому запросу;

6) рациональное принятие управленческих решений по отношению к профессорско-преподавательскому составу за счет обоснованных разработанных методик, корректно использованного программного и математического аппарата и т.д.

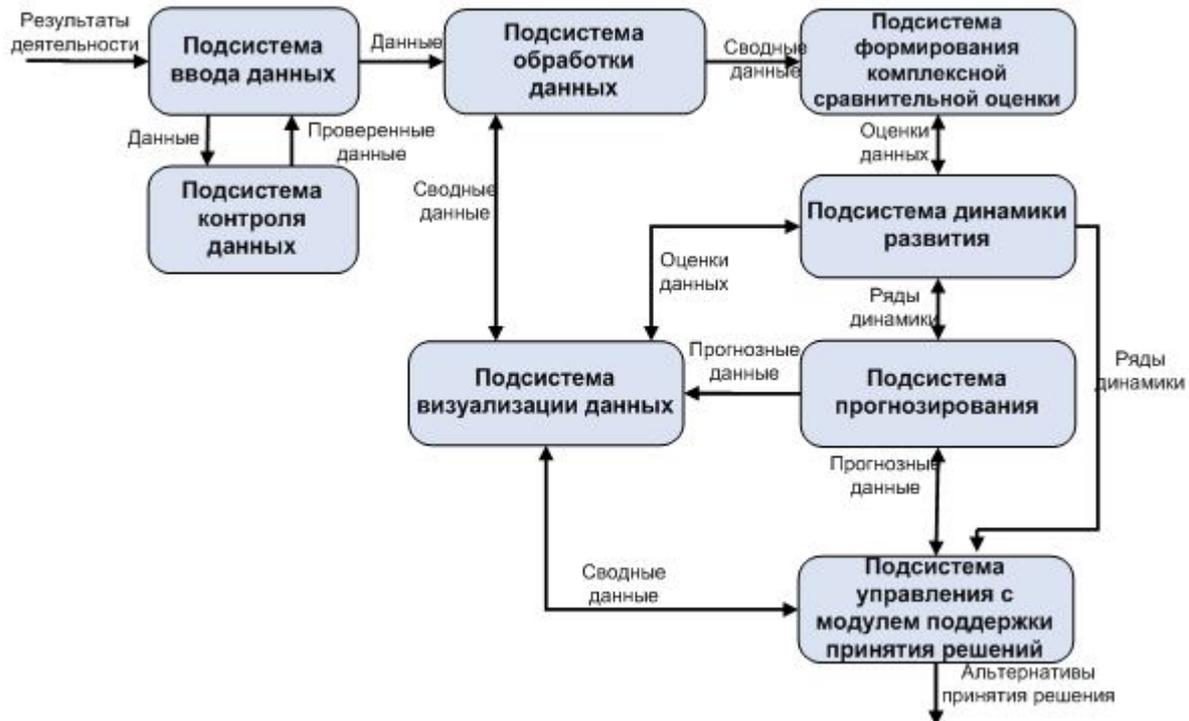


Рис. 2. Структура информационной системы

3 Результаты апробации информационной системы

Экспериментальная апробация информационной системы проводилась в естественных условиях в течение пяти лет на кафедрах в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс" (Госуниверситет - УНПК).

В ходе апробации были внесены изменения в информационную систему, касающиеся весовых коэффициентов показателей, защиты информации и визуального отображения информации. Приказом ректора Госуниверситета - УНПК была создана экспертная комиссия по принятию управленческих решений и рабочая группа по анализу весовых коэффициентов и формированию требований к ИС и назначены ответственные за заполнение базы данных. В рабочую группу вошли первый проректор, системные администраторы, деканы факультетов, проректора по учебной работе и по

научной работе, управление научно-исследовательских работ, управление подготовки кадров высшей квалификации и научно-методическое управление.

Разработанная авторами информационная система, позволила выявить динамику развития, сформировать прогнозные оценки и альтернативы принятия решения и выработать своевременные управляющие воздействия, что подтверждается повышением национального престижа вуза за счет высоких достижений в учебно-методической, научно-исследовательской работе и обеспеченности кадровым потенциалом.

Анализ показателей научной деятельности Госуниверситета - УНПК за 2007 - 2012 года подтвердил значительные превышения следующих критериев:

1) среднегодовой объем финансирования научных исследований за пять лет (тыс. руб.) – превышение в шесть раз (не менее 10 000, фактически 64 200);

2) среднегодовой объем научных исследований на единицу научно-педагогического персонала за пять лет (тыс. руб.) – превышение в 7 раз (не менее 18 000, фактически 123 500);

3) среднегодовое количество монографий на 100 основных штатных педагогических работников с учеными степенями и (или) званиями, изданных за пять лет превышение в 7 раз (не менее 2, фактически 14).

Проведенный анализ показателей результативности научно-исследовательской деятельности (НИД) 109 вузов Центрального федерального округа (ЦФО) показал, что Госуниверситет - УНПК по отдельным показателям превосходит средние показатели инновационных вузов, а в 2012 г. Госуниверситет-УНПК вошел в сотню лучших вузов России.

4 Заключение

Формируются новые требования и методы к управлению вузами, соответствующие международным стандартам. В общем понимании эти требования сводятся к доступности и прозрачности информации о качестве образования и динамике развитии по направлениям деятельности, о кадровом составе и его научных достижениях, обеспеченности вузов учебно-методической базой.

Информация о результатах и эффективности деятельности основных структурных подразделений и ППС вуза представляет собой важный ресурс для руководства только в том случае, когда она хорошо организована и представлена. Внедрение разработанной информационной системы поддержки принятия решений и оценки эффективности деятельности основных структурных подразделений и ППС вуза позволит достигнуть эффекта за счет рационального принятия управленческих решений по отношению к профессорско-преподавательскому составу.

Литература

1. Система самодиагностики для малых и средних предприятий [сайт]. – URL: <http://www.dist-cons.ru/testself/section1.html>.
2. Новиков, Д.А. Структура теории управления социально-экономическими системами [Текст] / Д.А.Новиков // УБС. – 2009. – Вып. 24. – С. 216 – 257.
3. Трахтенгерц, Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений [Текст] / Э. А. Трахтенгерц. – М.: Синтег, 1998. – 376 с.
4. Преснецова, В.Ю. Многоуровневая система управления вузом [Электронный ресурс] / В.Ю. Преснецова, Т.Г. Денисова, Н.П. Подобина // Мат. V Междун. научно-технич. конфер. «Информационные технологии в науке, образовании и производстве».- Орел, 2012.- Режим доступа: <http://irsit.ru/article164>.
5. Преснецова, В.Ю. Методика организации управления деятельностью структурных подразделений и профессорско-преподавательского состава вуза [Текст] / В.Ю. Преснецова // Информационные системы и технологии. – 2011. – № 6. – С. 115 – 123.

Симонова И.В.,

Российский государственный педагогический университет им. А.И.
Герцена, профессор
ir_1@mail.ru

Козлов О.А.,

Федеральное государственное научное учреждение «Институт
информатизации образования» Российской академии образования (ФГНУ
ИИО РАО), зам. Директора
ole-kozlov@yandex.ru

Бочаров М.И.

Федеральное государственное научное учреждение «Институт
информатизации образования» Российской академии образования (ФГНУ
ИИО РАО), зав. Лабораторией
mi1@mail.ru

Дидактические единицы по основам информационной безопасности в стандартах подготовки специалистов для системы образования

Для решения в системе профессионального образования педагогических проблем, связанных с обучением основам информационной безопасности и защиты информации как инвариантной составляющей информационной подготовки, направленной на формирование информационной культуры личности, требуется системный подход, реализующий методологические, организационные, содержательные, дидактические и технологические аспекты. Система подготовки в области информационной безопасности и защиты информации должна быть детерминирована по всем уровням образовательной деятельности, как общего (пропедевтика, базовый и профильный курсы информатики), так и профессионального образования: среднего, высшего, послевузовского, дополнительного, и ориентирована на различные специальности и специализации [1, 2, 3].

Важнейшим условием решения задач информационной безопасности является обеспечение и поддержание адекватного образовательного уровня общества, как в общеобразовательном отношении, так и в специфичных вопросах информационной безопасности» [4].

В рамках кадрового обеспечения информационной безопасности в сфере образования можно выделить следующие четыре направления [4, 5]:

1. Подготовка высококвалифицированных специалистов всех уровней для структур обеспечения информационной безопасности.

2. Повышение квалификации и переподготовка в направлении информационной безопасности специалистов самого различного уровня и профиля.

3. Формирование достаточно высокого уровня подготовки у выпускников по направлению «Педагогическое образование» в области информационной безопасности.

4. Формирование базового уровня понимания правовых и организационных вопросов взаимодействия личности, общества и государства в части информационной безопасности.

Действительно, в самом общем плане, категории специалистов, которым необходима подготовка по информационной безопасности в системе профессионального образования, могут быть сведены в несколько основных групп:

- специалисты в области информационной безопасности и защиты информации: аналитики по компьютерной безопасности, разработчики средств и систем безопасности, сотрудники органов, организаций и подразделений, занимающихся информационной безопасностью и защитой информации, в том числе в системах критических приложений;
- специалисты в области информационных технологий (ИТ-специалисты), обеспечивающие создание и эксплуатацию информационных систем, в том числе отвечающие за их администрирование и безопасность;
- специалисты, обеспечивающие эксплуатацию сложных иерархических человеко-машинных систем управления специального назначения (эргатических систем);
- все остальные специалисты, имеющие доступ к информационным системам, использующие информационные и коммуникационные технологии как в профессиональной деятельности, так и в интересах самосовершенствования и развития.

При этом каждая из групп может быть дифференцирована в зависимости от условий социального заказа на подготовку специалистов определенного профиля.

Подготовка кадров в области информационной безопасности имеет существенные особенности, поскольку выступает не только как реакция на спрос рынка в отношении таких специалистов, но и как важная составляющая комплекса мероприятий государства по противодействию угрозам в информационной сфере. Этими особенностями определяются и содержание подготовки специалистов, и особые требования, предъявляемые к образовательным учреждениям при организации такой подготовки.

Значительно сложнее обстоит ситуация с подготовкой специалистов в области информационной безопасности в широком понимании, т.е.

неспециалистов в области криптографии или защиты информации (см. табл.1.1), а это вся основная масса специалистов, чьим профессиональным инструментарием являются современные информационные и телекоммуникационные технологии. Обеспечение информационной безопасности любого объекта - государства, фирмы, учреждения, группы субъектов, объединенных некими отношениями, начинается с постановки задачи, определения значимых информационных потоков, ожидаемых взаимодействий с внешней по отношению к объекту средой, анализа угроз и построения системы защиты. Без соответствующего уровня подготовки в области информационной безопасности весь этот комплекс сложных наукоемких задач удовлетворительно решен быть не может.

Полноценно сформулировать задачи обеспечения информационной безопасности могут только лица, непосредственно определяющие стратегические цели защищаемого объекта и непосредственно управляющие информационными потоками.

Для специалистов в области педагогического образования основным полем и целью деятельности должны быть именно педагогика, методика, воспитание и т.п., а информационная безопасность - лишь одним из способов достижения цели, но способом, достаточно глубоко изученным. Для специалистов в области прикладной информатики (образование) обеспечение информационной безопасности в учреждениях образования является одним из приоритетных направлений их подготовки.

Глубокое понимание проблематики информационной безопасности подготавливаемыми в системе высшего профессионального образования специалистами в области образования может быть достигнуто образовательной деятельностью по направлению совершенствования информационной подготовки специалистов в области информационной безопасности за счет введения в соответствующие Государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования дидактических единиц, объективно отражающих значимость и научный уровень решения этой проблемы, создания и укрепления внутривидеодисциплинарных связей дисциплин информационного цикла и междисциплинарных связей с дисциплинами других разделов в рамках единой методической системы, обеспечивающей формирование уровня информационной культуры специалиста с обязательной составляющей - компетентностью в области информационной безопасности.

Вопросы информационной безопасности с той или иной степенью полноты и детализации нашли отражение в учебных планах и программах подготовки специалистов прикладной информатики (по областям) в том числе и в области образования и других категорий ИТ-специалистов. Помимо изучения проблематики информационной безопасности и защиты информации в рамках дисциплин информационного цикла их знания в этой области развиваются и систематизируются в рамках общепрофессиональных и специальных дисциплин соответствующей

направленности [6].

Для самой широкой категории специалистов, являющихся конечными пользователями современных информационных и коммуникационных технологий, в том числе и для будущих бакалавров и магистров педагогического образования, весь спектр вопросов по информационной безопасности в настоящее время сконцентрирован в курсе информатики и информационных технологий, что существенно сужает рассмотрение проблемы и нуждается в корректировке.

Как отмечается в [7, 8, 9, 10] важнейшей задачей является усиление подготовки специалистов по информационной безопасности гуманитарного профиля. На этом направлении более 10 лет активно работает Российский государственный гуманитарный университет, за последние годы подключились еще ряд вузов, МИФИ, МГУ и др., создано несколько специализированных кафедр. Таким образом, развитие образовательной области в данный момент требует скорейшего формирования комплекса специализаций социформирующих специальностей.

Технологии обеспечения информационной безопасности, защиты информации являются технологиями двойного назначения. Защита информации обладает существенным отличием от других технических направлений науки: защищенность информационной системы невозможно доказать или опровергнуть путем проверки этой системы на функционирование. При обосновании безопасности системы требуется думать за нарушителя, который предположительно владеет тем же специфичным набором средств, что и защитник. Поэтому знания в области создания защищенных информационных систем неотделимы от работ по построению новых вариантов атак. Данное обстоятельство определяет специфику подготовки кадров в этой области, отбор содержания и глубину изучаемого учебного материала, т.е. учета лояльности обучаемых.

Подготовка в области информационной безопасности носит ярко выраженный мультидисциплинарный характер: помимо знания информатики, информационных технологий и математики необходимо учебное соприкосновение с такими областями знаний, как философия, социология, культурология, правоведение.

В настоящее время развитие и совершенствование информационной подготовки студентов по направлениям «Педагогическое образование» [11, 12] и «Прикладная информатика» по профилю «Прикладная информатика в образовании» [13, 14] связано с изучением информатики, информационно-коммуникационных технологий, информационных систем, а также получением навыков их использования (офисные приложения, информационные системы в сферах специализаций и т.п.) в предметной области по предназначению.

Применительно к разделу «Требования к результатам освоения основных образовательных программ бакалавриата» в «Федеральном

государственном образовательном стандарте высшего профессионального образования» по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр») указано, что выпускник должен обладать 16 общекультурными компетенциями (ОК), в числе которых «способностью 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 защиты государственной тайны (ОК-12)». В профессиональных компетенциях (ПК) выпускника в области педагогической деятельности, указана такая компетенция, которой он должен обладать «готовностью к обеспечению охраны жизни и здоровья обучающихся в учебно-воспитательном процессе и внеурочной деятельности (ПК- 8)». Аспект информационной безопасности здесь может подразумеваться в обеспечении здоровья обучающихся, а именно, в части связанной с негативным информационным воздействием на них, поступающим из различных информационных источников и с другой стороны в отсутствии доступа к информации, доступность которой обеспечивается на законодательном уровне, а также учете эргономических особенностей организации процесса работы с информацией, представленной на электронных носителях.

Основная образовательная программа (ООП) бакалавриата по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование предусматривает изучение следующих учебных циклов: гуманитарный, социальный и экономический циклы; математический и естественнонаучный цикл; профессиональный цикл; и разделов: физическая культура; учебная и производственная практики; итоговая государственная аттестация.

В разделе ООП «Профессиональный цикл Базовая (общепрофессиональная) часть», можно выделить содержательные элементы обучения ИБ, которые формируются в результате изучения базовой части цикла, так обучающийся, в том числе, должен уметь: создавать педагогически целесообразную и психологически безопасную образовательную среду, владеть: способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы); способами осуществления психолого-педагогической поддержки и сопровождения; способами предупреждения девиантного поведения и правонарушений.

В «Требованиях к условиям реализации основных образовательных программ бакалавриата», в том числе указано, «Оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами и организациями должен осуществляться с соблюдением требований законодательства Российской Федерации об интеллектуальной собственности и международных договоров Российской Федерации в области интеллектуальной собственности. Для обучающихся должен быть

обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам».

В «Характеристике профессиональной деятельности магистров» по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (образование), указано, что он должен быть подготовлен к решению профессиональных задач в соответствии с профильной направленностью ООП магистратуры и видами профессиональной деятельности в том числе и производственно-технологической деятельности: «принятие решений в процессе эксплуатации ИС предприятий и организаций по обеспечению требуемого качества, надежности и информационной безопасности ее сервисов».

В «Требованиях к результатам освоения основных образовательных программ магистратуры» указано, что выпускник должен обладать в том числе такой общекультурной компетенцией (ОК): способен 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 защиты государственной тайны (ОК-7) и профессиональной компетенцией (ПК) в производственно-технологической деятельности: «способен использовать передовые методы оценки качества, надежности и информационной безопасности ИС в процессе эксплуатации прикладных ИС (ПК-25)».

В структуре ООП магистров» по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (образование) в «Профессиональном цикле Базовой (общепрофессиональной) части» Учебных циклов и проектируемых результатов их освоения указано, что в результате изучения базовой части цикла, студент должен, в том числе знать: «методы оценки экономической эффективности и качества, управления надежностью и информационной безопасностью».

Как можно видеть из приведенных выдержек, что применительно к вопросам, связанным с «Информационными технологиями в образовании» содержащимися в «Математической и естественнонаучном цикле Базовой части квалификационных характеристик выпускников» по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (бакалавр) они не содержат никаких обязательных требований по вопросам информационной безопасности. При всей многовариантности дидактического содержания дисциплин «Философия», «Психология», «Естественнонаучная картина мира» «Экономика образования», «Основы математической обработки информации» и «Безопасность жизнедеятельности» лишь в малой части из них имеются дидактические единицы, относящиеся к области знаний по информационной безопасности, акцентированные на защиту информации. И только студенты, обучающиеся по специальности «Прикладная информатика (по областям)» получают необходимый минимум знаний по основам информационной безопасности в рамках соответствующей дисциплины «Информационная безопасность»[15].

Каждый учебный цикл по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (бакалавр) имеет базовую (обязательную) часть и вариативную (профильную), устанавливаемую вузом. Вариативная (профильная) часть дает возможность расширения и (или) углубления знаний, умений и навыков, определяемых содержанием базовых (обязательных) дисциплин (модулей), позволяет обучающемуся получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности и (или) для продолжения профессионального образования в магистратуре. За счет вариативной части, может быть восполнено формирование комплексного представления в области ИБ у будущих бакалавров Педагогического образования.

Сложность, многоаспектность и чрезвычайная важность для пользователей информационных и коммуникационных технологий проблематики информационной безопасности требуют комплексного, системного подхода к её изучению. Акцент на защиту информации при использовании информационных и коммуникационных технологий, сохранившийся «по инерции» со времён, когда собственником информации было только государство, и оно же решало все вопросы, связанные с защитой информации, а главенствующим был аспект конфиденциальности, в настоящее время архаичен. Такой акцент правомерен и необходим, например, при подготовке специалистов в области информационной безопасности, криптографии, защиты информации в органах управления и автоматизированных системах критических приложений. Однако, применительно к сфере педагогического образования, вопросы защиты информации являются лишь частью проблемы информационной безопасности возникающих в условиях информационного общества. Участником процессов связанных с ИБ в той или иной степени является каждый член современного постиндустриального общества. Поэтому решением специфических задач защиты информации в современном киберпространстве должны заниматься соответствующие специалисты, проектирующие, создающие и эксплуатирующие комплексные системы защиты информации. А для «обычного», квалифицированного пользователя информационных и коммуникационных технологий, каковым является любой современный специалист в сфере педагогики, уровень знаний, умений и навыков по применению информационных и коммуникационных технологий должен рассматриваться в контексте триады: «безопасность – социальная безопасность – информационная безопасность», где собственно защита информации должна носить личностно-ориентированный, «гигиенический» характер. Особую остроту приобретает гуманитарная составляющая проблемы информационной безопасности, предполагающая при подготовке специалистов решение задач «защиты от информации», адекватного гражданского воспитания, основанного, в т.ч. на информационном праве, высокой информационной культуры [16, 17].

Информационная подготовка будущих бакалавров, магистров в области образования, закладывающая фундамент их информационной культуры с обязательной составляющей – информационной безопасностью, строится в соответствии с профессиональными требованиями, отраженными в соответствующих государственных образовательных стандартах, по которым выпускник должен обладать: «владением культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения», «готовностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации, готовностью работать с компьютером как средством управления информацией», «выпускные квалификационные работы предполагают: анализ и обработку информации, полученной в результате изучения широкого круга источников (документов, статистических данных) и научной литературы по профилю ООП магистратуры; анализ, обработку, систематизацию данных, полученных в ходе наблюдений и экспериментального изучения объектов сферы профессиональной деятельности; разработку проекта, имеющего практическую значимость». Эти основы информационной культуры, в первую очередь, учитывают технологическую и секьюритологическую составляющие сферы информационной безопасности.

Анализ содержания стандартов магистров по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование показал, что применительно к вопросам, связанным с информатикой в целом и информационной безопасностью в частности, квалификационные характеристики выпускников не содержат никаких обязательных требований. Вопросы, связанные с информатикой, включены в требования к профессиональной подготовленности выпускников по дисциплинам «Инновационные процессы в образовании», «Информационные технологии в профессиональной деятельности», однако вопросы информационной безопасности в явном виде не находят своего отражения в текстах соответствующих разделов стандартов.

В государственных образовательных стандартах по специальностям, 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) «бакалавр», «магистр»), для изучения проблематики информационной безопасности в дисциплину Математического и естественнонаучного цикла Базовой части «Информационные технологии в образовании» для бакалавров и в дисциплину ««Информационные технологии в профессиональной деятельности»» для магистров педагогического образования необходимо включить дидактическую единицу «Основы и методы информационной безопасности», а для магистров по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (образование) необходимо включить дидактические единицы, отражающие особенности обеспечения ИБ в образовательном учреждении и объединить полученный комплекс

дисциплин по ИБ в целостную систему.

Приведенный анализ стандартов, подтверждает ограниченность выбора дидактических единиц по информационной безопасности в дисциплинах информационного цикла. Конечно же, внимание, уделяемое проблеме информационной безопасности в дисциплинах информационного цикла, несоразмерно ее важности и актуальности.

Поэтому системное разрешение вышеуказанного противоречия, обеспечивающее эффективный рост уровня информационной подготовки и компетентности студентов педагогических специальностей в области информационной безопасности в соответствии с требованиями современной информационной среды и социальных отношений возможно путём разработки и реализации методической системы обучения основам информационной безопасности, что является актуальной и многоаспектной научной проблемой.

Литература

1. Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). 3-е изд. – М.: ИИО РАО, 2010. – 356 с.
2. Симонова И.В., Бочаров М. И. Концептуальные основы методической системы непрерывного обучения информационной безопасности школьников / Вестник Российского университета дружбы народов /Серия Информатизация образования/- М., 2011, № 4.
3. Бочаров М.И. Уровни обучения информационной безопасности в высшем профессиональном образовании педагогов / Ученые записки. Вып. 29. Часть1. — М.: ИИО РАО, 2009. 245 с. — С. 228-230.
4. Белов Е.Б. Состояние, проблемы и развитие профессионального образования в области информационной безопасности / Безопасность информационных технологий, 2005, №1. С.6-13.
5. Основы информационной безопасности: Учебное пособие для вузов / Е.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 544 с.
6. Сухомлин В.А. ИТ-образование: концепция, образовательные стандарты, процесс стандартизации. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 175 с.
7. Белов Е.Б., Лось В.П. Образование в области информационной безопасности: принципы совершенствования подготовки кадров / Информационное право: информационная культура и информационная безопасность // Материалы научно-практической конференции 17-19 октября 2002г. – СПб.: Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов, 2002. – С. 123-124.
8. Белов Е.Б., Лось В.П. Образование в области информационной безопасности: принципы совершенствования подготовки кадров / Информация и связь. 2002, №2. – С.94-96.
9. Моцак М.В. Информационная культура и информационная безопасность – условия успешности процессов информатизации в России / Информация и связь. 2002, №2. – С.16-18.
10. Соколова И.В. Социологические проблемы информационной безопасности / Информация и связь. 2002, №2. – С.24-32.
11. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) "бакалавр") // Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 января 2011 г. № 46 /

http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_11/prm46-1.pdf

12. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 050100 Педагогическое образование (квалификация (степень) "магистр") // Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 января 2010 г. № 35 / http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_10/prm35-1.pdf

13. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (квалификация (степень) «бакалавр») // Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 декабря 2009 г. № 783 / http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_09/prm783-1.pdf

14. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 230700 Прикладная информатика (квалификация (степень) «магистр») // Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 21 декабря 2009 г. № 762 / http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_09/prm762-1.pdf

15. Заболотский В. П., Степанов А. Г. Информационная безопасность как составляющая системы обучения информатике в высших учебных заведениях по экономическим специальностям / III Санкт-Петербургская межрегиональная конференция «Информационная безопасность регионов России (ИБРР-2003). – СПб., 2003. – С.170.

16. Поляков В.П. Аспекты информационной безопасности в подготовке специалистов в системе ВПО // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник докладов НПК. – М.: МАКС Пресс, 2005. С. 652

17. Козлов, О.А., Поляков, В.П. Обучение информационной безопасности студентов вузов: Концепция / О.А. Козлов, В.П. Поляков. – М.: ИИО РАО, 2007. – 164с.

Симуни М.Л.

Санкт-Петербургский государственный университет,
старший преподаватель
simuni@mail.ru

Использование инструментальной системы Sparse Assist при обучении программированию задач обработки разреженных матриц

Аннотация

В работе рассматриваются особенности обучения программированию задач обработки разреженных матриц и возможности использования инструментальной системы SparseAssist при обучении программированию в данной предметной области.

В первой части рассматриваются основные особенности программирования задач обработки разреженных матриц. В частности, описываются типичные проблемы и трудности, возникающие при создании программ.

Во второй части рассматриваются особенности обучения программированию таких задач. Обосновывается целесообразность получения навыков работы с разреженными матрицами, в том числе и для специальностей, не связанных прямо с вычислительными методами или математическим моделированием.

В третьей части перечисляются некоторые типичные трудности, возникающие при обучении. Рассматриваются возможности инструментальной системы SparseAssist, которые можно применить при обучении программированию для разреженных матриц. В четвертой части описываются другие подходы к рассматриваемой задаче.

Некоторые особенности программирования задач обработки разреженных матриц

Разреженные матрицы - это матрицы, большинство элементов которых равны нулю [1]. Матрицы такого вида имеют большое значение в самых разных приложениях, от систем математического моделирования [2] до задач ранжирования веб-страниц в поисковых системах [3].

Программирование задач обработки разреженных матриц обладает рядом особенностей, которые делают его достаточно сложным, во многом не похожим на программирование в других предметных областях, и требующим, как правило, специального обучения. Рассмотрим некоторые из этих особенностей.

Во первых, многие важные задачи, которые возникают в этой предметной области имеют очень простую формулировку: например умножение матрицы на вектор, сложение и умножение матриц, разложение

матрицы на произведение двух треугольных матриц (LU разложение) и т.д. Решение этих задач для обычных матриц не представляет труда даже для начинающего программиста (однако необходимо отметить, что если ставится задача достижения максимальной производительности, то и создание программ для обычных матриц требует высокой квалификации [4].)

Для разреженных матриц программирование даже задач с простой формулировкой представляет значительную сложность. У начинающего программиста даже задача умножения матрицы на столбец может вызвать затруднения, задача сложения матриц требует хороших навыков программирования, а написание эффективной реализации умножения матриц требует знания специальных приемов программирования [1]. Если же речь идет о достижении максимальной производительности, то и такие простые задачи, как умножение матрицы на столбец становится сложной задачей, существенно зависящей как от архитектуры компьютера, так и от особенностей матрицы [5].

Перечислим некоторые другие особенности:

- Для хранения данных используются специальные форматы, обеспечивающие компактное представление данных (например, сжатое представление по строкам, по столбцам, различные формы диагональных представлений, блочные представления [1,2]). Выбор оптимального представления зависит от структуры матрицы данной задачи, и в разных случаях имеет смысл использовать разные форматы.
- Форматы представления данных накладывают существенные ограничения на порядок обхода матрицы. Например, при использовании наиболее распространенного сжатого представления по строкам (CSR) [1], обход матрицы по столбцам становится очень неэффективным. (Это, в частности, приводит к существенному усложнению алгоритма умножения матриц.)
- Как правило, предъявляются очень высокие требования к быстродействию. Как следствие, программы пишутся обычно на сравнительно низком уровне, без использования классов и т.д. и получаются сравнительно плохо читаемыми.
- Еще одно следствие высоких требований к быстродействию – это необходимость анализа ‘узких’ мест программы. Без навыков работы в данной предметной области такой анализ, как правило, вызывает затруднения. Например, при сложении или умножении матриц, существенное влияние на скорость работы оказывает то, насколько быстро мы можем обнулять используемые во время работы вспомогательные массивы, и для ускорения этой операции используется специальное представление данных [1]. Для программиста, привыкшего работать в других предметных областях,

необходимость оптимизации этого аспекта программы является в большинстве случаев неочевидной.

- При написании программ используются способы представления данных, редко встречающиеся в других областях (например, так называемые расширенные накопители [1]). Кроме этого, широко используются некоторые подходы, которые, хотя и встречаются в других областях, но не так распространены. Например, очень эффективной оказывается идея разделения алгоритма на два этапа – сначала проводятся символьные вычисления, которые используют только форму исходных матриц и определяют форму матрицы-результата, а потом, на втором этапе, проводятся вычисления с конкретными числами.

Необходимо отметить еще одну важную особенность: на современных компьютерах чрезвычайно важную роль играют вопросы организации многопоточной, параллельной или распределенной обработки матриц. Однако в данной работе мы изучаем вопросы, связанные с программированием последовательной обработки матриц и не рассматриваем вопросы, связанные с параллельной обработкой.

Целесообразность изучения обработки разреженных матриц в курсе программирования

Программирование задач, связанных с разреженными матрицами, сравнительно редко включается в курсы информатики и программирования для специальностей, не связанных с численными методами и математическим моделированием. Наиболее часто эти задачи рассматриваются в курсах, связанных с параллельным программированием (например, [6]). Кроме этого, такие задачи довольно часто включаются в курсы представления данных, но, как правило, в этом случае они рассматриваются просто как пример сложного типа данных, и не ставится задача создания высокопроизводительной реализации.

Как нам кажется, обучение навыкам программирования задач разреженных матриц имеет смысл и для специальностей, не связанных прямо с прикладными применениями матриц и может быть использовано как средство повышения общего уровня подготовки программистов. Приведем некоторые обоснования полезности такого обучения:

- Разреженные матрицы могут рассматриваться как пример предметной области, в которой необходимо использовать нестандартное представление данных, отличное от того, что используется в других разделах курса программирования (виды сжатого представления матриц, расширенные накопители и т.д.). Даже если это не пригодится программистам в их практической деятельности, это будет способствовать расширению их кругозора.
- Данная предметная область дает возможность на относительно простых примерах практически понять важность знакомства с

архитектурой компьютера для создания высокопроизводительных вычислений (например, влияние кэш-памяти на производительность). Таким образом, более конкретным становится понимание архитектуры современных компьютеров.

- Появляется возможность получения навыков поиска оптимального решения среди многих вариантов, в частности, с учетом специфики входных данных. Как уже упоминалось, для алгоритмов обработки разреженных матриц характерно наличие большого числа вариантов, и выбор оптимального варианта представляет сложную и интересную задачу, зависящую от большого числа факторов. (Некоторые примеры такого выбора оптимального варианта приведены в [6].)
- Некоторые идеи, такие, как, например, введение предварительного этапа, символьных вычислений, являются полезными и для других предметных областей.

Некоторые другие обоснования для использования разреженных матриц в курсе программирования приведены в [7].

Некоторые типичные трудности, возникающие при обучении. Использование инструментальной системы Sparse Assist

Практика показывает, что при обучении программированию задач обработки разреженных матриц, обучающиеся часто испытывают трудности, связанные часто не столько со сложностью алгоритмов, сколько со сложностью понимания программ. Перечислим некоторые из возникающих при этом проблем:

- Использование относительно низкоуровневых конструкций приводит к тому, что связь кода с исходной постановкой задачи становится неочевидной.
- В программе присутствует большое количество вспомогательного кода.

В результате, для программиста, не имеющего опыта работы с такими задачами, становится сложным как понять отдельные фрагменты кода, так и охватить общую картину. Приведем в качестве примера простой фрагмент реального кода, взятый из библиотеки CSparse [2] (рис. 1).

```
int p, j, n, *Lp, *Li; double *Lx;
n = L->n; Lp = L->p; Li = L->i; Lx = L->x;
for (j = 0; j < n; j++) {
    x [j] /= Lx[Lp[j]];
    for (p = Lp [j]+1; p < Lp [j+1]; p++)
        x[Li[p]] -= Lx[p]*x [j];
}
```

Рис. 1. Фрагмент кода для решения треугольного матричного уравнения $Lx = b$

Для неподготовленного пользователя часто представляет трудность,

как и общее понимание кода, так и выделение в нем отдельных частей – например, кода, отвечающего за обход матрицы или кода, выполняющего вычисления.

Для того, чтобы упростить и сделать более понятным работу с кодом предлагается использовать возможности инструментальной системы Sparse Assist [8]. Sparse Assist – это инструментальная система поддержки создания программ для обработки разреженных матриц. Система ориентирована в основном на профессионального разработчика и предназначена для использования при разработке новых версий системы инженерного моделирования ELCUT [9]. Основное назначение системы Sparse Assist – предоставить разработчикам средства рефакторинга, удобные возможности для перехода от одного варианта реализации алгоритма к другому.

Но, кроме этого, система Sparse Assist содержит ряд возможностей, которые могут быть полезны и при обучении. Рассмотрим их подробнее:

Использование цвета для выявления логики программы. Sparse Assist позволяет выделить в тексте разными цветами код, отвечающий за обход разреженной матрицы, код, выполняющий вычисления, и вспомогательный код. В результате программисту становится легче сконцентрироваться на важном для него в данный момент аспекте программы.

Подсказки в виде всплывающих окон или комментариев. Система показывает для фрагментов программы их смысл (в терминах операций надо обычными матрицами) в виде всплывающих окон-подсказок. Например, подведя курсор к фрагменту $Lx[Lp[j]]$ в тексте программы, программист увидит в всплывающем окне надпись $L[j,j]$ - пояснение смысла исходного текста. Предусмотрена также возможность добавить поясняющую надпись в текст в виде комментария.

На рис 2. приведен пример кода с выделенным цветом кодом, отвечающим за вычисления и добавленными комментариями.

```
int p, j, n, *Lp, *Li; double *Lx;
n = L->n; Lp = L->p; Li = L->i; Lx = L->x;
for (j = 0; j < n; j++) {
    x [j] /= Lx [Lp [j]];           // x[j] /= L[j][j];
    for (p = Lp [j]+1; p < Lp [j+1]; p++)
        x[Li[p]] -= Lx[p]*x[j];
}
```

Рис. 2. Фрагмент кода с выделенным цветом частью кода, отвечающей за вычисления и добавленными комментариями.

Вставка стандартных фрагментов кода. Простой, но полезной возможностью, является наличие в Sparse Assist функции вставки стандартных фрагментов кода, характерных для обработки разреженных матриц (обход матрицы, описание и инициализация расширенного накопителя, слияние двух разреженных строк и т.д.)

Описанные возможности реализованы с использованием платформы Eclipse CDT [10, 11] и использует встроенные в нее возможности задания аннотаций.

Другие существующие подходы

В работе [12] рассматривается система, помогающая пользователю понять код, работающий с разреженными матрицами. Система работает при помощи поиска в тексте программы фрагментов, соответствующих описанным заранее базовым методам работы с матрицами.

Существует ряд работ, в которых делаются попытки полностью или частично автоматизировать разработку оптимальных алгоритмов для работы с разреженными матрицами. В частности, в работе [13] рассматривается возможность автоматической генерации оптимальной программы по ее высокоуровневому представлению. При этом получается достаточно эффективный код, хотя и уступающий по эффективности коду, созданному вручную. Такой подход, видимо, мог бы быть полезен и в процессе обучения, в особенности, если бы он был дополнен средствами объяснения выбранного варианта реализации.

Заключение

В работе описаны основные возможности инструментальной системы Sparse Assist, которые позволяют использовать ее при обучении навыка программирования задач обработки разреженных матриц. Использование этой системы упрощает создание и понимание программ в данной предметной области. Обучение программированию для задач обработки разреженных матриц может быть полезно не только в курсах, связанных с решениями вычислительных задач, но и в других курсах с целью повышения качества подготовки программистов.

Литература

1. Писсанецки С. Технология разреженных матриц. – М.: Мир, 1988. – 416 с.
2. Davis, T. A. Direct Methods for Sparse Linear Systems. - SIAM, Philadelphia, PA, 2006. – 229 p.
3. Brin S., Page L. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. //COMPUTER NETWORKS AND ISDN SYSTEMS. Elsevier, 1998, pp. 107-117.
4. Донгарра Д., Лушчек П. Как первоклассный код развивается вместе с аппаратным обеспечением. //Идеальный код/ Под ред. Э. Орама и Г. Уилсона.- СПб.: Питер, 2011. С. 263-289.
5. Karakasis V, Goumas G, Koziris N. Performance models for blocked Sparse Matrix-Vector multiplication kernels. //Proceedings of the 2009 International Conference on Parallel Processing, 2009. pp, 356-364.
6. Мееров И.Б., Сысоев А.В. Разреженное матричное умножение. Н.Новгород, 2011. – 82 с. <http://www.software.unn.ru/ccam/file.php?id=568>
7. Brandon D. Sparse matrices in CS education. //J. Comput. Sci. Coll. 2009, V.24 N. 5, pp. 93-98.
8. 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.

9. Дубицкий С.Д. ELCUT 5.1 - платформа разработки приложений анализа полей. //Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004, Н. 1(5). С. 20--26.
10. Гамма Э., Бек К. Расширения Eclipse: принципы, шаблоны и подключаемые модули – М.:КУДИЦ-Образ, 2005. – 384 с.
11. Prigogin S. C++ Refactoring - Now for Real //EclipseCon 2012. – 12 p.
12. Kessler C., The SPARAMAT Approach to Automatic Comprehension of Sparse Matrix Computations. //Proc. of the 7th International Workshop on Program Comprehension. 1999. pp. 200-207.
13. Ahmed, N., Mateev N., Pingali K..A framework for sparse matrix code synthesis from high-level specifications. //Proc. of the 2000 ACM/IEEE conference on Supercomputing (CDROM) (Supercomputing '00). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, Article 58.

Терехов А.Н.

заведующий кафедрой системного программирования СПбГУ
ant@math.spbu.ru

Роль инноваций в обучении аспирантов в области программной инженерии

Аннотация

Способы подготовки программных инженеров высшей квалификации существенно отличаются от обучения специалистов по информатике (Computer Science). И там, и там нужна серьезная математическая подготовка, особенно в области дискретной математики и теории алгоритмов, но программные инженеры должны, кроме этого, хорошо понимать многие «производственные» вопросы, такие как управление проектами, руководство коллективами разработчиков, оценка качества и т.д. Проблема в том, что в отличие от теоретических вопросов «производственные» темы невозможно освоить «с мелом у доски». В данном докладе говорится о том, как эти проблемы решаются коллективом кафедры системного программирования СПбГУ, причем начиная с далеких советских времен. Основной акцент делается на поддержку инновационной активности аспирантов.

Введение

Еще будучи студентом, я завидовал своим друзьям-алгебраистам, так как им для получения результатов были нужны только карандаш и бумага, а мне – ЭВМ, один час работы которой стоил тогда 200 рублей (при соотношении 1 доллар = 60 копеек), а часто и еще несколько помощников. И в наше время исследования в области Computer Science весьма близки к работам чистых математиков, а вот работы по Software Engineering имеют существенные отличия. Чтобы реализовать транслятор или операционную систему, нужен коллектив единомышленников и довольно много времени (и денег!).

С другой стороны, программные инженеры создают продукты, которые можно продать на рынке, а теоретики – нет. Вот здесь и кроется главная трудность подготовки молодых программистов высокой квалификации. Чтобы сделать что-то высокотехнологичное, а не очередную систему заказа такси, гостиниц, билетов и т.п., нужны опытные тьюторы и немалые финансовые средства, а найти их под «голую идею» очень не просто. Определенные заделы можно и нужно получить в процессе PhD обучения. У нас на кафедре системного программирования СПбГУ студентов старших курсов и аспирантов учат не только наукам в соответствии с международными стандартами (сотрудники нашей кафедры участвовали в переводе на русский язык международных образовательных стандартов [1] и разработали на их основе российские стандарты, по

которым мы и работаем), но и как составить заявку на получение инвестиций, как общаться с инвесторами, как составить бизнес-план, основам бухгалтерии и т.д. Каждый студент знает американскую поговорку: «Если ты такой умный, то почему такой бедный».

Такой прагматичный подход к обучению сложился не вчера, просто в советские времена были другие порядки, по-другому финансировались научные исследования, но и тогда можно было сделать что-нибудь стоящее. Поэтому я начну свой доклад с описания нескольких аспирантских работ тех времен, которые заложили прочную основу нашего коллектива, а закончу кратким перечнем тех работ, которые выполняются моими сегодняшними аспирантами. Надеюсь, изложение в таком «историческом» аспекте продемонстрирует преемственность нашей школы.

Далекая история

В 1968 году доктор физ-мат наук Г.С. Цейтин собрал большую группу студентов и преподавателей мат-мех факультета ЛГУ для изучения и реализации языка Алгол 68, официального сообщения о котором еще не было. Язык был очень трудным, поэтому нам пришлось искать новые методы практически по всем аспектам его реализации, начиная от структуры компилятора. Целевой ЭВМ была ЕС ЭВМ, которой в то время так же не существовало (это клон IBM/360, над копированием которой работы только начинались).

В 1974 году было опубликовано Пересмотренное Сообщение об Алголе 68, язык существенно изменился (в лучшую сторону), тогда же закончилась исследовательская часть нашей работы, для отладки транслятора приходилось каждую неделю ездить в Москву, где было установлено 2 оригинальных IBM/360 (модель 50), купленных в обход американских ограничений.

Работать приходилось ночами, это очень не нравилось старшим товарищам, поэтому очень быстро я стал руководителем всего коллектива. Заключение договоров, торговля за цену договора, отчеты, этапы, выплата премий – все это было очень далеко от спокойной исследовательской работы в университетской лаборатории. Но для меня это было хорошей школой жизни. В 1976 году транслятор заработал, это был первый в СССР транслятор с языка Алгол 68. В 1978 году я защитил кандидатскую диссертацию по теме «Методы синтеза эффективной рабочей программы».

В советские времена мы жили не очень богато, но стабильно, финансирование науки осуществлялось государством на достаточно высоком уровне. Мы выполнили несколько интересных работ, теперь уже мои аспиранты защищали диссертации по полученным результатам. Приведу список аспирантов (далеко не полный), выполнивших такие работы, которые на долгие годы определили направления исследований нашего коллектива.

1. Тобиас Фишер, ГДР (1986) "Разработка технологии программирования на основе специализированных языков, базирующихся

на языке Алгол 68". Алгол 68 был, по-видимому, первым языком, в котором можно было описывать новые типы данных и операции над ними, в том числе, переописывать стандартные знаки операций. Вместе с возможностью раздельной трансляции фрагментов программы (не только процедур) в заданном контексте и накопления контекстов это дало возможность создания специализированных языков для различных предметных областей без реализации новых трансляторов. В диссертации Т.Фишера эти возможности исследовались на примерах задач планиметрии, бухгалтерских расчетов, математической физики и т.д. Заметьте, это было более 25 лет назад, но уже тогда мы занимались тем, что сегодня называют DSL. И до сих пор это направление для нас приоритетно.

2. Н.Ф. Фоминых (1987) "Интерпретатор автокода МК «Эльбрус» для ЕС ЭВМ". МК «Эльбрус» - оригинальная советская ЭВМ, ориентированная на алгоритмические языки высокого уровня (HLL computer), ее выпуск задержался более чем на 5 лет, однако ПО для нее разрабатывалось многими организациями в СССР. Эффективная реализация, хорошая диагностика, удобные средства отладки обеспечили этому интерпретатору большое количество пользователей, им активно пользовались даже после начала выпуска МК «Эльбрус». В советское время получить больше 1,5 месячной зарплаты было нельзя, поэтому при поставке интерпретатора мы стали требовать вместо денег новые ЭВМ. Вскоре наша лаборатория обладала более мощным вычислительным центром, чем весь университет. Это давало нам возможность вести крупные работы, привлекать молодых специалистов, заниматься не только плановыми темами, но и какими-то исследованиями впрок. Так мы впервые получили навыки предпринимательства.

3. Н.Н. Дацун (1987) "Инструментальные средства автоматизации проектирования вычислительных устройств на базе микропроцессорных наборов". На базе Алгола 68 был создан специализированный язык для описания популярных на то время микропроцессорных наборов (структура, контакты и процедуры, которые по входным сигналам вычисляли значения выходных сигналов). Были также разработаны удобные графические средства задания сложных схем, состоящих из базовых микропроцессорных элементов. В результате выполнялись многие проверки корректности схем и автоматически генерировался функциональный интерпретатор схемы в целом. В каком-то смысле эта работа стала предтечей наших исследований по CoDesign и NaSCoL – высокоуровневым средствам проектирования кристаллов.

4. А.П. Попов (1987) "Методы реализации языка Ада". Это была первая реализация языка Ада (стандартного языка Министерства обороны США) в СССР. Первоначально система работала на ЕС ЭВМ, а через несколько лет была перенесена на ПЭВМ. Времена были суровые, наши военные тщательно отслеживали все американские новинки, по закрытым каналам нам достали официальный сертификационный набор тестов

(более 2000 штук). В этих тестах мы нашли 15 ошибок и написали об этом авторам (адрес был известен). Через 2 месяца получили ответ: «Спасибо, вы абсолютно правы, это наши ошибки, но скажите, откуда вы взяли эти тесты?».

5. С 1980 года коллектив нашей лаборатории начал активное сотрудничество с промышленными организациями. Оказалось, что методы программирования и способы организации коллективов разработчиков, принятые в Университете, никак не подходят для больших коллективов, работающих в промышленности. Мы разработали несколько специализированных языков и трансляторов для них (более 25), средства слежения за ходом разработки, документирования, отладки и установки на целевые ЭВМ. Именно тогда (в 1984 году) мы впервые оценили преимущества проектирования ПО в виде графических диаграмм (SDL, SSITU Z.100). Разработанные нами технологии стали активно использоваться, в 1991 году я защитил докторскую диссертацию «Технологии программирования встроенных систем реального времени». Работы по графическим технологиям и сегодня для нас очень важны.

6. А.А. Бульонкова (1993) "Управление данными во встроенных системах".

Журнализация и тому подобные способы восстановления баз данных после сбоев не подходят для систем реального времени, так как могут продолжаться заранее не определенное время. А.А. Бульонкова спроектировала и реализовала систему управления базами данных на основе стратегии тщательного замещения, когда ни один блок не пишется на диск на старое место, в результате, откат транзакции ничего не стоит – все блоки на месте. Внутри транзакции составлялся цепной список из блоков, в которых информация заменилась. Самым трудным было обеспечение переноса всего этого списка в рабочую базу данных одной физической записью на диск.

7. В.В. Парфенов (1995) "Проектирование и реализация программного обеспечения встроенных систем с использованием объектно-базируемого подхода".

В это время объектно-ориентированный подход практически не применялся при реализации встроенных систем реального времени (по крайней мере, в России). Нам удалось придумать эффективную реализацию вычислительного процесса, при которой объекты относительно долго работают со своими локальными данными, а затем по конвейеру передают результаты своей работы следующим объектам. Технология RTST создания ПО телефонных станций, разработанная в диссертации В.В. Парфенова, с успехом используется до сих пор. В этой работе мы впервые познакомились и освоили подход «программирование от данных».

8. Ю.К. Лаврова (1995) "Методика разработки кодогенерирующей части трансляторов на примере семейства трансляторов с Алгола 68". Наш базовый транслятор с языка Алгол 68 для ЕС ЭВМ еще в семидесятые

годы был написан на самом Алголе 68 и переносился на другие ЭВМ методом раскрутки. Но, естественно, генерацию эффективного кода для каждой ЭВМ приходилось делать заново. Ю.К. Лаврова сделала это для ПЭВМ. Даже я удивляюсь, но до сих пор 1-2 раза в месяц нам приходят запросы на получение копии этого транслятора и документации к нему.

Недавняя история

1. Л.А. Эрлих, США (2002) "Технология реинжиниринга и компонентизации устаревших программных комплексов".

С начала 1990-ых годов мы работали по заказам нескольких компаний из Северной Каролины (США), разрабатывая инструментальные средства для восстановления утраченных знаний об устаревших программах и переводу их на новые платформы. Трижды Gartner Group признавала наши продукты лучшими в мире в областях Legacy Understanding и Legacy Transformation. Один из наших заказчиков, американец родом из Одессы Лен Эрлих, решил защитить диссертацию по нашим совместным разработкам. Мы занимались реинжинирингом 20 лет, но лишь недавно стали получать заказы на реинжиниринг от российских банков и предприятий.

2. Д.Ю. Булычев (2004) "Прототипирование встроенных систем на основе описания макроархитектуры".

Более 15 лет мы работали над темой CoDesign – как создать процессор, оптимизированный на заданный класс задач. Д.Ю. Булычеву удалось найти интересное решение этой задачи, причем он довольно далеко отошел от первоначальных идей. Сейчас разработанный им язык HaSCoL (Hardware and Software CoDesign Language) успешно используется при проектировании заказных микросхем. Мы потратили 6 лет и более \$0.5 млн, чтобы превратить этот научный результат в промышленную технологию. Сегодня у нас уже есть опыт разработки гибких кристаллов (FPGA), причем программы на языке HaSCoL получаются в 5-6 раз короче, чем на традиционном языке VHDL и намного более легкими в понимании и сопровождении. Сейчас мы работаем над созданием Fabless-компании в надежде получить конкурентное преимущество при реализации наиболее трудной компоненты кристалла – поведенческой модели до уровня RTL (Register Transfer Level).

3. А.Н. Иванов (2005) "Автоматизированная генерация информационных систем, ориентированных на данные".

Наш опыт применения графических диаграмм, накопленный в разработке встроенных систем реального времени, мы попытались применить при реализации информационных систем для нашего Университета (Абитуриент, Студент, Аспирант, Кадры и т.п.). Нам удалось придумать варианты UML для описания и автоматической генерации баз данных, сложных форм ввода/вывода, определения ограничений и задания бизнес-правил. В результате, более 15 систем реализовано практически без единой строчки кода, написанной вручную. Сейчас этими системами

пользуются более 20 российских университетов.

Из приведенных списков видно, что в защитах диссертаций есть большие перерывы. В начале 1990-ых годов государство перестало финансировать науку, даже в интересах военных, мы буквально голодали, много моих учеников уехало в США и другие западные страны. Никто из молодых не хотел заниматься наукой, так как понимали, что на зарплату ученого не прожить. Чтобы сохранить коллектив, мы создали свое предприятие ТЕРКОМ (ТЕРехов и его КОМанда) и начали активно искать западные заказы на разработку ПО. С самого начала я настаивал, что мы будем брать только технически сложные заказы, где можем продемонстрировать наши математические знания и опыт предыдущих лет. От простых, даже выгодных, заказов мы отказывались (что поначалу вызывало гнев молодых сотрудников).

Нам удалось заключить серию договоров с итальянской компанией ITALTEL (Милан), оказалось, что разработка электрических схем и кристаллов – это тоже во многом математическая работа. Мы разработали первый в Европе АТМ коммутатор, средства управления большими телекоммуникационными сетями, выполнили несколько интересных исследований, но диссертаций никто из моих коллег не защитил. Такие были времена.

Как видно из предыдущего изложения, одним из наших главных научных направлений была реализация трансляторов. К началу 90-ых годов в России все стали пользоваться трансляторами фирм Borland и Microsoft, поток заказов иссяк. Я уже начал подумывать о переквалификации многих сотрудников, хотя терять опыт и заделы было безумно жаль, но тут к нам обратились американцы из компании SEER Technology (Северная Каролина). По их словам, в мире накоплено «тонны» программ, написанных на COBOL, PL/I, Adabas Natural и других старых языках. Эти программы все еще важны для бизнеса, но очень сложны и дороги в сопровождении, поэтому их нужно перевести на новые программные платформы, для чего нужно применять многие техники трансляции. Так как старые языки имеют множество неприятных черт, пришлось разрабатывать и новые приемы трансляции. Мы достигли определенных успехов, получили заказы еще от двух компаний из Северной Каролины – Relativity Technologies и Blue Phoenix. По реинжинирингу было защищено более 40 дипломных работ и 3 кандидатских диссертации, из которых я упомянул только одну – ее защитил один из наших американских заказчиков.

Исследования, проводимые в настоящее время

Нам удалось сохранить коллектив и даже расширить его молодыми преподавателями и исследователями. Существенно более активную позицию занимают и студенты нашей кафедры. Чтобы облегчить сближение образовательного процесса с индустрией, мы более 10 лет назад начали строить систему студенческих исследовательских проектов.

Студентам второго курса предлагается 10-12 тем для исследования, темы могут быть самыми разными – от игр до технологий реинжиниринга, но организация студенческих коллективов базируется на строгих правилах, принятых в промышленности (жесткое планирование, еженедельные отчеты, контроль версий, оценка качества, формирование коллектива и так далее). Каждой темой руководят 2-3 сотрудника (тьютора) из разных ИТ-компаний Санкт-Петербурга, в том числе и из нашей компании Ланит-Терком. Тьюторы не только отслеживают выполнение работ, но и ненавязчиво объясняют студентам правила игры, принятые в промышленности, например, обязательность быстрого ответа на каждый e-mail, поддержание дружеской обстановки в коллективе, личная ответственность за выполнение своего участка работы. Лучшие студенты приглашаются на летнюю школу, где они в течение месяца по 4 часа в день работают в существенно более плотном режиме, чем в студенческих проектах. В результате, действительно хорошие студенты получают сертификат, который важен при приеме на работу практически в любую ИТ-компанию нашего города. Многолетняя практика показала, что сотрудники, прошедшие такое регулярное обучение в студенческих проектах, работают в компании в среднем более 7 лет. Сотрудники же, которые пришли «с улицы», - не более двух лет. Таким образом, практика дополнительного производственного дообучения важна не только с точки зрения нахождения кадров, но и их удержания [2].

Сегодня ситуация с финансированием в России существенно улучшилась, появилось множество венчурных фондов, активно работают Российский фонд фундаментальных исследований, фонд Бортника, фонд «Сколково» и другие фонды. Но уровень зарплат научных работников все еще не сравним с возможностями западных ученых. Особенно плохо обстоит дело с фундаментальными исследованиями, например, на те средства, которые предоставляет РФФИ совершенно невозможно выполнить серьезное исследование в области программной инженерии.

В этих условиях нужно искать какие-то новые формы финансирования научных исследований. Несколько раз нам удалось выполнить достаточно серьезные исследования за деньги заказчиков сложных проектов. Интеллектуальная собственность на результирующий продукт принадлежит заказчику, но опыт, знания, какие-то новые подходы к решению задач остаются у нас.

Сейчас мы больше полагаемся на решение сложных проблем путем разбиения на относительно независимые подзадачи с получением финансирования на каждую из них из разных источников.

1. Тимофей Брыксин. Метатехнология QReal.

Это прямое продолжение работ Парфенова и Иванова. Однако, сегодня мы больше верим в DSL (Domain Specific Languages), так как для многих предметных областей можно придумать специализированные языки, программировать с помощью которых существенно легче, чем на

универсальных языках. Разумеется, реализовывать для каждого нового DSL графические редакторы, репозитории, генераторы целевых языков и т.п. очень накладно, поэтому актуальной является задача разработки метатехнологии, т.е. технологии, с помощью которой можно создавать другие технологии, «заточенные» на заданную предметную область. Для коммерциализации этой технологии мы создали специальное предприятие, которое уже получило статус резидента Сколково.

2. Юрий Литвинов. Технология QReal:Robots.

Научить школьника или студента младших курсов программированию – трудная задача, которая существенно облегчается, если обучаемый видит результаты своей работы. С этой точки зрения, роботы являются идеальным инструментом для обучения программированию. В России очень популярен конструктор Lego Mindstorms, но его штатные средства программирования обладают массой недостатков. Ю.Литвинов на базе метатехнологии QReal разработал удобные графические средства, которые уже оценили преподаватели и руководители кружков робототехники.

Работы по QReal и QReal:Robots являются неиссякаемым источником тем для исследования, только в прошедшем учебном году было защищено более 15 курсовых и несколько дипломных работ по этой теме, причем спектр исследований очень широк – от рисования диаграмм жестами (с помощью мышки или стилуса) до средств описания формальной семантики для автоматической генерации отладчиков.

3. Роман Лучин. Новый конструктор роботов.

Конструктор Lego Mindstorms предназначен для школьников 5-6 классов. Решать с его помощью более сложные задачи невозможно, низкое качество датчиков, слабый контроллер, слабые средства программирования не позволяют применять его в старших классах и, тем более, в университетах. Поэтому мы решили разработать существенно более мощный контроллер и свой набор механических деталей и покупных датчиков. Разумеется, средства программирования реализуются на базе QReal. Для этой темы уже найдено 2 инвестора, надеемся на скорый результат.

4. Валентин Оносовский. Ubiq Mobile.

В настоящее время развитие мобильных интернет-сервисов и средств их разработки происходит весьма неравномерно, концентрируясь в отдельных узких областях быстрого роста и оставляя в стороне обширные ниши с огромным рыночным потенциалом. В настоящее время подавляющее большинство мобильных приложений создается для платформ iOS и Android, что подразумевает высокие требования к сетевой инфраструктуре и высокую степень «продвинутой» пользователей.

В результате «обойденными» оказываются обширные категории пользователей, живущих в условиях бедной мобильной инфраструктуры, либо не имеющих возможности покупать дорогие смартфоны. Кроме того,

отсутствуют приемлемые технологии для класса мобильных сервисов, которые должны работать «всегда и везде», на различных телефонах и в любых условиях, где есть хоть какая-то мобильная связь.

В платформе UbiqMobile основная часть бизнес-логики приложений концентрируется на сервере, а на мобильном устройстве работает универсальный тонкий клиент (своя версия для каждой мобильной платформы). Мобильные устройства, таким образом, выступают в роли «интеллектуальных графических терминалов», обмениваясь данными с сервером по оригинальному двоичному протоколу (над TCP/IP), специально оптимизированному для работы в мобильных сетях, в том числе и медленных. Использование собственного протокола в сочетании со специализированными алгоритмами обработки данных на обеих сторонах обеспечивают значительную экономию мобильного трафика (по сравнению с веб-приложениями), адаптивность к скорости соединения и возможность восстановления соединения после кратковременных разрывов. Приложения достаточно интерактивны, в частности, возможен push-режим по инициативе сервера. Готовится заявка в Сколково. И здесь средства программирования разрабатываются на основе QReal.

5. Александр Пименов. Компьютерное стереозрение.

Система основана на использовании информации о движении объектов в кадре и значений параллакса для изображений, полученных с двух камер. На основе этой информации строится карта глубин. Нам удалось разработать эффективные алгоритмы, которые легко масштабируются в зависимости от применения, используемых камер и т.п. Основные применения – это автомобили (распознавание препятствий) и бытовая техника (управление жестами). Наша система полностью пассивна, в то время как существующие конкуренты основаны на принципе радара, т.е. работают на отраженном сигнале, что создает массу трудностей и ограничений. Эта тема первой из наших работ получила статус резидента Сколково и грант в несколько миллионов долларов.

6. Константин Амелин. Управление группой беспилотных летательных аппаратов.

Небольшие беспилотные самолеты с простейшим автопилотом уже есть на рынке. В задачу нашей группы входит разработка адаптивного управления группой таких самолетов на базе мультиагентных технологий. Самолеты в полете обмениваются информацией, могут менять распределение задач между собой в случае потери части самолетов, переходить на более высокие или низкие высоты полетов в зависимости от силы ветра в каждом слое и т.д. Задачами таких групп являются видеонаблюдение, разведка, отслеживание состояния лесов с помощью различных датчиков и многие другие. По этой теме уже получено 2 гранта фонда Бортника, имеется соглашение с инвесторами.

Заключение

В советские времена нам удавалось создавать трансляторы, которые

в разы превосходили западные аналоги (по времени трансляции, длине объектного кода, скорости счета и т.д.). Однако когда мой английский коллега со звучной фамилией Маркс (руководитель разработки трансляторов с языка PL/I) узнал, что мы делали транслятор с Алгола 68 более 8 лет, он сказал, что его давно бы выгнали с работы. Мы жили в других условиях, не подозревая, что такое «железная рука рынка», писали статьи и книги, продумывали лучшие решения.

Сегодня мы живем в тех же условиях (или почти в тех же), что и западные коллеги. Можно сколько угодно плакать, вспоминая неторопливые, спокойные советские времена, но от этого ничего не изменится. Именно поэтому я требую, чтобы каждый аспирант нашей кафедры составил грамотную заявку на получение инвестиций (будет ли успех – это уже как получится), был способен обосновать, чем его результаты лучше известных, мог оценить рынки сбыта и разработать разумный бизнес-план. Не у всех аспирантов это хорошо получается, но даже по приведенным примерам видно, что прогресс в понимании реалий сегодняшней жизни есть.

Литература

1. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах, перевод с английского, Интуит. М., 2007
2. Andrey Terekhov, Karina Terekhova, "The Economics of Hiring and Staff Retention for an IT Company in Russia", Proceedings of 4th, International Conference SEAFOOD, Springer, 2010

Тихоненко А.В.

ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
г. Обнинск, профессор
alextikh@gmail.com

Современные образовательные ресурсы на базе компьютерных технологий

Аннотация

Обсуждаются возможности и необходимые средства обеспечения современного инновационного учебного процесса на основе компьютерных технологий. Предлагается система учебных модулей, обеспечивающих необходимые уровни и профили физико-математического и инженерного образования. Формулируется концепция инновационного учебного процесса, использующего современные программно-информационные средства.

1. Компьютерные технологии как основа современных образовательных ресурсов.

Современное физико-математическое и инженерное образование не может обходиться без информационных и компьютерных технологий, их многообразие и «разные качества» требуют тщательного подхода для адекватного их использования.

Основные идеи подхода к учебному процессу на базе компьютерных технологий (КТ) можно сформулировать следующим образом:

- преемственность и сохранение фундаментальности Российского естественнонаучного образования;
- использование информационных инструментов, апробированных научным сообществом;
- организация учебного процесса, не отменяющая традиционные подходы на совокупность технологий, а преемственно расширяющая возможности участников учебного процесса.

Несмотря на огромное разнообразие как самих компьютерных средств, так и подходов в их применении, можно выделить четырехуровневую систему использования информационных технологий в физико-математическом и инженерном образовании. При этом каждый уровень КТ можно характеризовать ролью в учебном процессе и соответствующими качеством и сложностью компьютерных средств (табл. 1, рис. 1). При этом учебный процесс можно организовать с использованием разных уровней компьютерных технологий.

На УРОВНЕ I компьютерные технологии играют вспомогательную роль в учебном процессе, и могут использоваться в сочетании или наравне с традиционными формами обучения: они обеспечивают наглядность и удобство обучения и реализуются с минимальным набором технических

средств и компьютерных программ (возможность обращения к учебным материалам: лекциям, задачникам, справочникам, наглядным пособиям). На этом уровне компьютерные технологии не используются для анализа материала и интерактивного обучения.

Табл. 1. Уровни КТ и общие компьютерные средства

<i>Уровни КТ и их роль в учебном процессе</i>	<i>Общие компьютерные средства</i>
<p>I. КТ пассивного уровня Вспомогательная роль КТ, обеспечение наглядности и удобства обучения.</p>	<p>1.1. Компьютеры и программное обеспечение: - компьютеры, планшеты, смартфоны; - текстовые и графические программы; 1.2. Учебные демонстрации; - наглядные электронные пособия и демонстрации; - видео и графическая библиотека.</p>
<p>II. КТ начального аналитического и коммуникативного уровня Использование простых аналитических и графических инструментов и средств Интернета.</p>	<p>2.1. Стандартные математические инструменты: - компьютерные калькуляторы; - средства построения графиков и анализа функций. 2.2. Интернет-сайт и информационные ресурсы: - Интернет-поддержка учебного процесса; - сетевые программы и электронные библиотеки.</p>
<p>III. КТ стандартного уровня Освоение и применение разных цифровых и информационных ресурсов в обучении.</p>	<p>3.1. Цифровое оборудование: - мультимедийные проекторы, цифровые камеры; - принтеры и средства электронных публикаций. 3.2. Электронные книги и комплексы: - электронные справочники, учебники и энциклопедии; - комплексы компьютерных программ.</p>
<p>IV. КТ повышенного интеллектуального и интерактивного уровня Использование программ высшего аналитического уровня и организация очно-дистанционного обучения.</p>	<p>4.1. Интеллектуальные математические ресурсы: - системы символьной математики (ССМ); - интеллектуальные карты и интерактивные инструменты. 4.2. Средства дистанционного обучения: - сетевые версии ССМ; - сети дистанционного обучения и телеконференций.</p>

Рис. 1. Общие компьютерные инструменты различного уровня

На УРОВНЕ II компьютерные технологии играют более существенную роль в учебном процессе и преобладают над традиционными формами обучения: они обеспечивают возможности использования стандартных

компьютерных математических инструментов и компьютерных программ. Имеется возможность использовать компьютер для стандартных вычислений, построения графики, анализа материала без интерактивного обучения. На этом уровне компьютерные технологии используются для анализа материала, но не используются для интерактивного обучения.

На УРОВНЕ III компьютерные технологии играют существенную роль в учебном процессе и преобладают над традиционными формами обучения: они обеспечивают активное использование цифровых ресурсов, в том числе для получения и представления информации, а также определенную интерактивность обучения.

На УРОВНЕ IV компьютерные технологии играют главную роль в учебном процессе и осуществляют новые формы обучения: они обеспечивают новый уровень образования, сочетающий коллективные и индивидуальные, очные и дистанционные формы обучения, предполагающие использование высокоинтеллектуальных программ и всемирных ресурсов. На этом уровне компьютерные технологии являются средством анализа материала и исследовательской работы, а также могут обеспечить интерактивное обучение с применением телекоммуникационных возможностей.

Табл. 2. Уровни КТ и межпредметные связи

Уровни КТ	Межпредметные связи реализуются:
I	на минимальном уровне, обеспечивающем использование справочных математических, химических и т.п. данных.
II	на уровне компьютерных технологических возможностей, а также с помощью Интернета и электронных библиотек.
III	на уровне общенаучных баз данных, компьютерных систем и специализированных пакетов.
IV	на уровне интегрированной научной среды обучения и научных исследований.

Табл. 3. Уровни КТ и ресурсы для студентов и преподавателей

Уровни КТ	Для студента	Для преподавателя
I	Источник учебного и наглядного материала, источники информации.	Средство для учебных демонстраций; учебные базы данных.
II	Инструмент для выполнения заданий и анализа учебного материала.	Инструмент организации учебного процесса.
III	Технология интерактивного самообучения и самоконтроля.	Технология интерактивного обучения и межпредметных связей.
IV	Среда современного обучения, общения и профессиональной подготовки.	Среда вариативного учебного процесса.

Компьютерные технологии дают возможность актуализации на новом уровне межпредметных связей (при наличии соответствующих компьютерных инструментов для других дисциплин) (табл. 2, рис.1).

На каждом уровне компьютерные технологии могут предоставлять студентам и преподавателям дополнительные образовательные инструменты и возможности (табл. 3, рис.1).

2. Реализация компьютерных технологий в учебном процессе через учебные модули.

Компьютерные средства и информационные технологии сами не являются содержательными компонентами учебного процесса. Для того, чтобы наполнить учебный процесс новым содержанием, необходима переработка существующих учебных материалов и разработка специальных учебных ресурсов, требуемых для современного физико-математического и инженерного образования. Речь идет как о бережном представлении лучших учебных материалов (фундаментальных учебников, разработок и т.п., которые в течение многих лет составляют «золотой фонд» российской образовательной школы мирового уровня) в цифровой форме, так и о разработке новых содержательных материалов, которые существенно опираются на информационные технологии, учитывают «менталитет» современных студентов и могут быть интегрированы в процессы проведения технических разработок и научных исследований и обеспечивающих современные формы представления и опубликования учебных и научных материалов.

Это может быть реализовано разработкой учебных модулей, которые удовлетворяют современным технологическим требованиям образования и обеспечивают многовариантную организацию учебного процесса. Действительно, преподавание естественных и технических дисциплин в современном вузе предполагает многовариантную организацию учебного процесса. Кроме того, необходимость соответствовать современным технологиям и запросам общества требует уже в учебном процессе осваивать и использовать эти технологии. Для качественного решения этих задач предлагается система учебных модулей.

Учебный модуль. Учебный модуль – набор современных учебных материалов, компьютерных и математических инструментов и технологий – комплексных заданий различного уровня, обеспечивающих необходимые уровни и профили физико-математического и инженерного образования.

Все разнообразие содержательных образовательных материалов можно классифицировать в терминах нескольких модулей. В частности, можно использовать систему четырех модулей: простой информационный учебный модуль, сложный информационный (интерактивный) учебный модуль, виртуальный лабораторный модуль, учебный модуль исследовательского типа. Их роли в учебном процессе подготовки могут быть различны как по объему, так и способам реализации (например, простого модуля достаточно в курсе общей физики для студентов

технологических специальностей, а использование нескольких модулей может обеспечить образовательные потребности будущих физиков и математиков).

Простой учебный модуль. Простой учебный модуль реализует обучение, сочетая традиционные и информационные методы обучения, предоставляет студенту необходимые инструменты для последовательного стандартного изучения программы.

В состав простого учебного модуля входят:

- электронные учебные материалы: электронные учебники, компьютерные презентации и справочники, контрольные задания;
- цифровые наглядные обучающие средства: наглядные пособия, фотографии, картинки, видеоролики и т.п.

Сложный интерактивный учебный модуль. Сложный информационный (интерактивный) учебный модуль реализует обучение, основываясь на информационных и интерактивных материалах и методах обучения, и предоставляют студенту необходимые инструменты для углубленного изучения программы. Основные задачи модуля - исследование границ применимости законов и формул; использование сложных реалистичных моделей; эвристическое моделирование: сопоставление и анализ данных, полученных в рамках разных моделей; коллективное выполнение развернутых заданий.

В состав сложного учебного интерактивного модуля входят:

- интерактивные инструменты и учебные пособия: средства вычислений, построение графиков и визуализаций, стандартные компьютерные программы;
- расширенные информационные учебные материалы: специализированные математические пакеты, интернет-ресурсы, сетевые технологии.

Виртуальный лабораторный модуль. Виртуальный лабораторный модуль реализует обучение, основываясь на современных компьютерных технологиях, и предоставляет студенту необходимые инструменты для приобретения и закрепления практических навыков.

В состав виртуального лабораторного модуля входят:

- набор информационных программ и компьютерных комплексов, моделирующих физические явления и процессы;
- цифровые и электронные средства получения экспериментальных данных;
- средства обработки экспериментальных данных, полученных в реальном или виртуальном экспериментах: стандартные и специализированные математические программы, средства построения графиков.

Виртуальный лабораторный модуль имеет особое значение для физического образования, поскольку кроме использования традиционных методов экспериментальной физики дает студенту возможность выбрать

набор средств и инструментов, необходимых для выполнения задания. Этот модуль дает также возможность моделирования сложных явлений и процессов, которые невозможно осуществить в обычном учебном процессе (например, изучение свойств вещества при низких температурах или высоких давлениях, исследование движения тел в окрестности сверхмассивной звезды или черной дыры и т.п).

Учебный модуль исследовательского типа. Учебный модуль исследовательского типа реализуют обучение по принципу «от учебного материала к научной деятельности» и предоставляют студенту необходимые инструменты углубленного изучения программы на основе общенаучных, исследовательских подходов.

В состав модуля исследовательского типа входят:

- комплексные модельные задачи по различным разделам физики, выполнение которых предполагает углубленное изучение материала, а также проведение исследования в рамках рассматриваемой модели;

- специальные задания, сочетающие учебный процесс с освоением навыков научной деятельности.

Этот модуль предназначен для студентов, которые успешно справляются с учебным материалом и проявили склонности к исследовательской и инновационной деятельности, и предполагает:

- изучение (помимо учебного материала) специальной справочной и научной литературы;

- построение теоретической и компьютерной моделей физического процесса или явления;

- получение конкретных результатов и их исследование для различных случаев;

- представление результатов в стандартном и электронном виде.

Табл. 4. Учебные модули и ресурсы для студентов и преподавателей

Учебные модули	Для студента	Для преподавателя
Простой	Доступность, простота использования и наглядность учебных материалов.	Технологическое упрощение организации учебного процесса.
Сложный интерактивный	Современные технологии обучения и расширенные возможности самообразования	Новая организация учебного процесса, возможности очного и дистанционного обучения и контроля.
Виртуальный лабораторный	Современный аналог физической учебной и приобретение навыков работы в научной лаборатории.	Многовариантность лабораторных работ и современная организация эксперимента.
Исследовательского типа	Профориентированная система обучения и реализация потенциальной	Индивидуальная работа со студентами и научная организация учебного

	склонности исследовательской работе.	к процессу.
--	---	-------------

Для представленной системы учебных модулей можно сформулировать (табл. 4) ролевые возможности для студентов и преподавателей.

Литература

1. Тихоненко А.В. Компьютерные математические пакеты в курсе общей физики. Обнинск: ИАТЭ, 2003. 84 с.
2. Тихоненко А.В. Компьютерный практикум по общей физике. Части 1 - 5. Обнинск: ИАТЭ, 2003-2004.
3. Тихоненко А.В. Компьютерные математические пакеты в курсе «Линейные и нелинейные уравнения физики». Ч. 1 и 2. Обнинск: ИАТЭ, 2005.
4. Тихоненко А.В. Решение краевых задач для двумерного уравнения Лапласа методом разделения переменных в MAPLE. Обнинск: ИАТЭ, 2005. 80 с.
5. Тихоненко А.В. Векторный анализ в прикладных математических пакетах. Обнинск: ИАТЭ, 2006. 80 с.
6. Тихоненко А.В. Решение уравнения Шредингера для одномерного рассеяния в MAPLE и MATHEMATICA. Обнинск: ИАТЭ, 2005. 80 с.
7. Тихоненко А.В. Компьютерные аналитические методы решения задач электростатики и магнитостатики. Обнинск: ИАТЭ, 2008. 48 с.

**СЕКЦИЯ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ
НОВЫХ ИТ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

Абашев А.В.

Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета, аспирант
AbashevAV@gmail.com

Терин Д.В.

Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета, к.ф.-м.н., доц.
terinden@mail.ru

Мурашев Д.А.

Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета, к.ф.-м.н., доц.
Denis_Murashev@epam.com

Разработка компонента для формирования библиографии и перекрестных ссылок в MSWord

Аннотация

В данной статье рассматривается разработка собственного компонента для формирования библиографии и перекрестных ссылок в MicrosoftWord [1]. Этот дополнительный компонент предназначен для создания списка литературы, а также внутритекстовых ссылок по Государственному стандарту 7.0.5-2008. «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

Введение

Создание списка литературы, а также правильно оформленные и достоверные ссылки на издания - одна из важных задач оформления документов. При оформлении какой-либо документации о проделанной работе, реферата, курсовой или же дипломной работы, мы сталкиваемся с проблемой создания списка литературы и перекрестных ссылок. Постоянно приходится искать ГОСТ, смотреть, не изменился ли он, как правильно составлять библиографические ссылки, ведь в любом отчёте очень большое место занимает информация из разных источников – будь то книга, Интернет или статья из журнала.

Возьмем ещё одну немаловажную проблему, с которой можно столкнуться при создании библиографических ссылок. У нас есть достаточно длинный текст, к примеру, дипломная работа. На какую тему она не была бы написана, придется столкнуться со многими внутритекстовыми ссылками. Так как очень много информации мы берем из разных книг или статей, ссылаясь на них, то и ссылки будут практически

на каждой странице. Они должны располагаться в тексте по порядку. И если случайно пропустить одну из них в начале текста, то потом придется очень долго изменять все последующие ссылки, т.к. книга, на которую мы ссылаемся, должна быть введена в список используемой литературы под таким номером, под каким она была использована в тексте. А значит, нам придется перерабатывать весь текст, потратив уйму времени, а такое может произойти не единожды. Время, которое придется потратить для сортировки перекрестных ссылок по их использованию, будет очень большим.

Данный компонент, который разработан для программы MS Word [2], станет наилучшим помощником всем, кто сталкивался или же ещё не раз столкнётся с оформлением ссылок на использованную литературу в своем документе. Работа с этим компонентом значительно сократит время, которое постоянно тратится на поиск нужного ГОСТа. К тому же значительно сократится время, которое уходит на переделывание уже существующего документа и всех ссылок в нём.

В данной работе был создан компонент для формирования библиографии, работа с которым не должна вызвать затруднений. Для создания ссылки на книгу, раздел книги, журнальную статью или отчет нужно сначала ввести данные об источнике (ФИО автора, название и год издания, количество страниц, издательство и др.), а затем, дойдя до места, где Вы использовали какой-либо текст из этого издания, двумя щелчками мыши вставить перекрестную ссылку. При последующих изменениях в списке литературы или вставки другой ссылки в более раннюю позицию, предыдущее издание изменит свой порядковый номер в зависимости от вхождения в документ. Все ссылки, будь то внутритекстовые или затекстовые (список использованной литературы), которые вставлены в документ программы Word, будут полностью соответствовать стандарту.

В данный момент в программе MS Word существует программный модуль по работе со ссылками и списком литературы, имеются разные стили их оформления, но того, который соответствовал бы Государственному Стандарту РФ – нет. Создание этого компонента является в настоящее время очень актуальной задачей.

Типы цитируемого объекта.

Начиная с Microsoft Word 2007 [2], клиенты со знанием XML и XSLT [3] могут создавать свои собственные таблицы стилей для форматирования цитат и библиографии в своих документах Word. Эта технология выглядит очень перспективной для всех, кто заинтересован в написании научных статей. К сожалению, эта технология плохо документирована и для большинства людей, которые используют Word, чрезмерно сложная для использования в качестве ориентира для разработки новых стилей.

Дополнительной целью данной работы является упрощение создания новых стилей. Это достигается за счет устранения необходимости знать XSLT [4] и организации процесса форматирования стиля. Таким образом,

новые стили могут быть легко созданы из существующего, не прибегая к изменениям более чем тысячи строк кода. Способ форматирования данных хранится внутри таблицы стилей.

При добавлении нового библиографического источника в документе, пользователи должны указать тип источника. В текущей схеме определены следующие 13 типов:

12. Статья в периодическом издании.
13. Журнальная статья.
14. Книга.
15. Раздел книги.
16. Труды конференции.
17. Электронный источник.
18. Интернет-сайт.
19. Интервью.
20. Патент.
21. Сообщение.
22. Другое.
23. Звуковая запись.
24. Фильм.

Некоторые типы пока ещё не были реализованы - это тезисы, международные стандарты и электронные книги.

Схема XSL

XSL-схема определяет тип элемента, который в настоящее время используется. [4] Параметр *type*, добавляется к каждому типу источника. Когда Word-у необходимо получить информацию о форматировании, он сначала пытается найти информацию, основанную на содержании типа элемента. Если этот элемент не является пустым, Word возвращается к значению *SourceType* из спецификации Office Open XML. Каждый стиль должен описывать параметры форматирования для каждого из них. [5]

Word хранит все данные как XML-деревья в таблице стилей XSL. Таким образом, все форматирование данных обрабатывается стилем, как набор узлов. Табл. 1 описывает структуру модуля.

Табл. 1. Структура XSL модуля

```
<xsl:variablename="data">
  <general>
    <!-- Общая информация о стиле.-->
  </general>
  <importantfields>
    <!-- Важные поля для каждого поддерживаемого типа источника.-->
  </importantfields>
  <citation>
    <!-- Формат цитируемой информации для каждого поддерживаемого
    типа источника.-->
  </citation>
```

```
<bibliography>
<!--Библиографический формат для каждого поддерживаемого типа
источника.-->
</bibliography>
<namelists>
<!-- Формат информации для корпораций и списков лиц.-->
</namelists>
<strings>
<!-- Формат информации для конкретных строк. -->
</strings>
</xsl:variable>
```

Элемент *general*

Элемент *general* структуры данных содержит восемь дочерних элементов: *stylename*, *version*, *description*, *URL*, *display_errors*, *citation_as_link*, *author* и *comments*. *Stylename* определяет, как стиль должен отображаться в списке стилей библиографии в Word. *Version*– определяет дату в "уууу.м.д" формате. *Description* и *URL* элемента используют только Word 2008 или более поздние версии. [2] *Description* дает больше информации о стиле, а *URL*-адрес может быть использован, чтобы указать, где обновления стиля может быть найдено. *Author* и *comments* предназначены исключительно в информационных целях и используются только, чтобы отдать должное создателю стиля и добавить некоторые дополнительные сведения о стиле. *Display_errors* указывает, будет ли показано сообщение об ошибке в документе Word. Допустимые значения для элемента, "yes" и "no". Элемент *citation_as_link* указывает на то, что текст цитаты должны быть интерактивным или нет. Допустимые значения для элемента, такие же - "yes" и "no". Примером ошибки может быть источник, для которого нет информации по форматированию.[5]

Элемент *importantfield*

Для каждого типа источника, поддерживаемого данным стилем, существует множество важных полей, которые должны быть определены. Это те поля, которые отображаются по умолчанию, при добавлении нового источника в документе. Список *ImportantField* элементов сохраняется для каждого типа источника. Атрибут *type* имеет то же значение, что элемент *SourceType* из спецификации Office Open XML [6]. Значение каждого из элементов *ImportantField* должно быть одним из полей, определенных в спецификации Office Open XML [6].

Элемент *citation*

Citation элемент состоит из трех общих элементов, а также дополнительных элементов для каждого типа, поддерживаемых стилем. Главные элементы *openbracket*, *closebracket* и *separator* определяют скобку для отображения перед первым цитированием в группе, скобку для отображения после последней цитаты в группе и разделитель для

отображения между цитатами из той же группы соответственно. [5]

Кроме того, есть три элемента, `noauthor`, `notitle` и `noyear`, которые указывают, какие переменные должны быть проигнорированы, когда автор, название или год цитаты подавлены по запросу. Значение всех трех элементов состоит из полей, разделенных тире.

Пример: `<noauthor>-Author-BookAuthor-Editor-Inventor-</noauthor>`

Каждый дополнительный элемент `source` содержит атрибут `typeи format`– тип и формат элемента. В данном стиле есть все записи для каждого типа набора из 13 predetermined типов. Дополнительные типы также могут быть добавлены (см. Типы цитируемого объекта).

Элемент *bibliography*

Элемент `bibliography` состоит из одного общего элемента с дополнительными элементами для каждого типа из predetermined типов. Общим элементом является `column`. Он указывает число столбцов в списке литературы. Если это число равно 1, то библиография состоит из пунктов, в противном случае он будет состоять из таблицы с несколькими колонками. Последнее может быть полезно, если вы хотите поставить тег или ссылку, с порядковым номером элемента, отдельно от остальной части записи.

Каждый дополнительный элемент `source` однозначно определяется атрибутом `type` и содержит элемент `column` с атрибутом `id` для каждого столбца. Каждый `column` содержит элемент выравнивания информации, а также элементы `format`, указывающие, как источники данных в этом столбце должны быть отформатированы. Кроме того, элемент `source` также содержит `sortkey` элемент, который определяет, как источники будут упорядочены в библиографии. Форматируется этот элемент также как формат элемента. [5]

Табл. 2. Элемент *bibliography*

```
<bibliography>
<columns>1</columns>
<source type="Book">
<column id="1">
<halign>left</halign>
<valign>top</valign>
<format>
  {%RefOrder% }{%Author:1% }&lt;i&gt;%Title%&lt;/i&gt;{: %ShortTitle%}
  {: в %NumberVolumes% тт.}, Том %Volume%}; %Edition:% /}
  {%CountryRegion%}
  { подред. %Editor:2%} {пер. %Translator:1%} — {%City|"s.l."%: }
  {%Publisher|" s.n."%}
  { %Year% }{. — %Pages% c.}{ (%Comments%)}.
</format>
</column>
</source>
<!-- ... -->
```

Элементы *namelist*, *strings*

Namelist элемент содержит один или несколько элементов *list*, каждый из которых описывает набор авторов, будь то корпоративный, один или несколько. [5] Каждый элемент списка однозначно определяется идентификатором атрибута и состоит из 13 дочерних узлов.

Элемент *strings* включает в себя дочерние элементы с определенным строковым стилем. На данный момент реализован только элемент *months*. Он состоит из 12 элементов *month*. У каждого из *month* определен атрибут *id*. Значение элемента определяет текст месяца, который будет вставляться вместо чисел. Если за определенный месяц значение не доступно, то будет отображаться входное значение.

Заключение

В результате проделанной работы был создан компонент по формированию библиографии и перекрестных ссылок в Microsoft Word. Данный компонент создает ссылки на использованную литературу и вставляет их в текст в соответствии с ГОСТом, а также сортирует порядковые номера ссылок в списке использованной литературы в соответствии с появлением их в тексте. Также данный компонент является более простым в понимании, чем стандартные XSL скрипты. Вносить будущие изменения в форматирование библиографии может человек, который даже не работал с языками XML и XSLT.

Литература

1. [wikipedia] URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Word (дата обращения: 04/10/2012).
2. [microsoft] URL: <http://office.microsoft.com/ru-ru/word/> (дата обращения: 03/10/2012).
3. [wikipedia] URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/XSLT> (дата обращения: 04/10/2012).
4. Валиков А.В. *Технология XSLT*. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 544 с.
5. [bibword] URL: <http://bibword.codeplex.com/> (дата обращения: 05/10/2012).
6. [w3schools] URL: <http://www.w3schools.com/xsl/> (дата обращения: 04/10/2012).

Использование двумерных штрихкодов для создания системы позиционирования в помещении

Изобретение технологии спутниковой связи позволило создать систему GPS – глобальную систему позиционирования, с помощью которой можно определить своё местоположение почти в любой точке планеты. Практически все современные мобильные устройства комплектуются GPS-приёмником, в некоторых случаях дополняясь приёмниками других навигационных спутниковых систем. Система GPS хорошо работает на открытом пространстве, но становится практически бесполезной внутри помещения, поскольку сигнал от спутника сильно ослабляется, проходя через стены.

С развитием телекоммуникационных технологий стало возможным создание сервисов, помогающих определить нахождение пользователя внутри помещения. Задачей определения местоположения в зданиях занимаются многие компании в отрасли информационных продуктов, в числе которых Google, Apple, Intel, Microsoft, а также компании-производители телекоммуникационного и навигационного оборудования такие, как Broadcom, Cisco, Nokia, Qualcomm. Проблема навигации в помещении актуальна для мегаполисов. Потребность в такой технологии может возникнуть у посетителей торговых центров, развлекательных комплексов, аэропортов. Технологии, которая бы позволила им без труда сориентироваться в большом пространстве, которая поможет покупателям в крупном супермаркете быстрее отыскать тот или иной продукт, а владельцам оценить наиболее часто посещаемые полки с товарами. На основании пользовательских запросов и технологии коллективной оценки можно предложить покупателю наиболее подходящий ему продукт и связанные с ним товары. Навигация внутри зданий становится одним из наиболее востребованных мобильных сервисов, который позволит строить карты помещений, прокладывать маршруты между точками в помещении, находить нужный товар.

Существующие решения

На сегодняшний день представлено множество решений, в которых используются самые современные технологии. Одним из наиболее простых способов является установка интерактивных экранов на каждом этаже здания (рис. 1), на котором посетитель может найти нужную ему точку, а затем двигаться к ней, запомнив дорогу.

Одно из таких решений предполагает использование ретрансляторов

сигнала GPS, которые устанавливаются внутри здания. В результате сигнал усиливается и на основе уже готовых GPS-решений определяется местонахождение приёмника в здании. Благодаря этому достигается высокая точность определения внутренних координат, но такие решения требуют монтирования устройств-ретрансляторов и довольно существенных затрат, и воспользоваться ими могут только обладатели устройств, поддерживающих GPS.

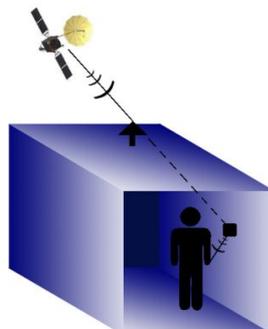


Рис.1 . Использование GPS-ретрансляторов

Другим решением может быть использование технологии Bluetooth. С выходом стандарта Bluetooth 4.0, отличающимся низким потреблением электроэнергии, стало возможным использовать его для отслеживания устройства в помещении и при этом не слишком сажать батарею. Одно из таких решений было представлено компанией Nokia. Представителям отрасли был продемонстрирован прототип системы, реализующий идею расширения стандарта Bluetooth 4.0 протоколом Location Extension, разработку которого возглавляет Nokia. В состав прототипа входит массив антенн Bluetooth Low Energy, который отслеживает местоположение устройств с «метками» Bluetooth внутри комнаты. Чтобы определить местоположение, используется принцип триангуляции – определение расстояния по трём точкам.



Рис.2. Система позиционирования в помещении фирмы EkaHau

Благодаря своей повсеместной распространённости, сети Wi-Fi являются основной средой для передачи сигнала в системах внутренней навигации. В качестве примера – разработка финской компании EkaHau

(рис. 2), включающая специальные мобильные и стационарные устройства, подключающиеся к Wi-Fi сети, контроллер, отвечающий за вычисление местоположения устройств, и специальное приложение. Такая система может использовать существующую сеть и смартфоны, оснащенные WiFi, но предъявляет требования к качеству сигнала, требует установки дополнительного программного обеспечения и изготовленных фабричным способом устройств, но является дорогостоящей.

Корпорация Google не могла обойти столь животрепещущую тему и представила приложение для устройств на базе Android – Google Maps Floor Plan Marker, которое позволяет владельцам при помощи различных источников высокочастотных радиосигналов (GPS, WiFi, сотовые сети) улучшить закрытое позиционирование. Используя свой главный потенциал – огромное количество пользователей, желающих помочь новому проекту, Google создает базы данных с поэтажными планами строений. Добровольцы отмечают соответствие своего реального местоположения и точку на загруженной схеме. Приложение анализирует перемещения пользователя внутри нанесённых на схему границ, а затем калибрует относительно них полученные радиочастотные сигналы и совмещает схему с существующими Google-картами.

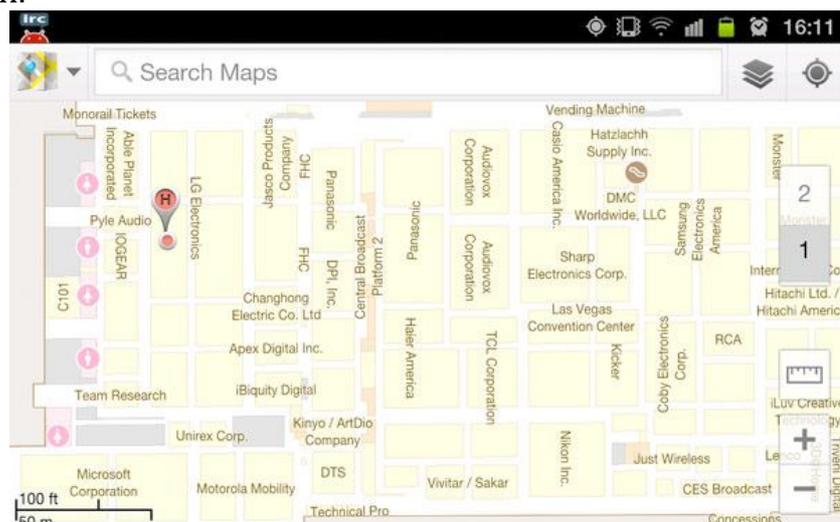


Рис. 3. Приложение Google Maps Floor Plan Marker

Также существуют решения на основе радиочастотных меток, так называемых RFID-меток. Система состоит из пассивных RFID-меток и считывателя, который читает идентификатор метки и отображает её положение на схеме. Такие системы могут применяться в области внутренней логистики, например, для определения местоположения конкретного товара или полки. Основные преимущества такой технологии в том, что RFID-метки:

- не требуют контакта или прямой видимости объекта и сканера,
- читаются быстро и точно,
- могут использоваться даже в агрессивных средах и распознаются через слой грязи, краски, пар, воду, пластмассу, древесину,

- в пассивном исполнении имеют фактически неограниченный срок эксплуатации,
- несут большое количество информации, которую можно перезаписывать,
- имеют высокую степень защиты практически невозможно подделать.

Однако изготовление большого количества радиочастотных меток существенно отражается на стоимости системы, а сами метки подвержены влиянию электромагнитных помех.

Постановка задачи

Целью данной работы было создание наименее дорогостоящего решения задачи позиционирования в помещении. В качестве носителей информации о местоположении в системе используются метки, представляющие собой двумерные штрихкоды (QR-коды), которые считываются мобильными устройствами пользователей.

Реализация системы

Система представлена в виде веб-сайта, хранящего данные о каждой метке. Общая схема работы устройства представлена на рисунке 4. Владелец добавляет информацию о конкретной метке с помощью системы управления контентом сайта, отмечая её местоположение на схеме помещения. Информация о каждой метке представлена отдельной веб-страницей, адрес которой кодируется двумерным штрихкодом. Штрихкод помещается в той точке помещения, которая обозначена на схеме соответствующей меткой. Посетитель при помощи программного обеспечения на своём мобильном устройстве считывает штрихкод и переходит на страницу с информацией о метке, где обозначается её положение на схеме.



Рис. 4. Общая схема работы системы

Каждое отдельное помещение должно быть представлено загружаемой графической схемой, на которую наносятся различные точки. Информация вносится зарегистрированными пользователями (например, владельцами супермаркета) при помощи веб-форм. Каждой точке соответствует отдельная веб-страница, динамически формируемая при извлечении данных из базы. При создании новой точки пользователь имеет возможность визуально установить указатель на загруженной схеме (рис. 5). Кроме координат, задающих положение точки относительно графической схемы, может быть внесена некоторая дополнительная информация как об объекте, соответствующем этой точке, так и о точках, находящихся в непосредственной близости от неё.

Метка представляет собой двухмерный штрихкод, в котором закодирован адрес веб-страницы соответствующей точки. Штрихкод генерируется после добавления информации о новой точке в базу данных. Для генерации штрихкода используется сервис создания QR-кодов от компании Google – Google Chart Tools: Infographics, предоставляющий генерируемый штрихкод в ответ на отправку GET-запроса с заданными параметрами. В ответ на запрос сервером генерируется изображение в формате PNG. Полный список параметров приведен в приложении В.



Рис.5. Установка указателя на точку

Код PHP, описывающий данную процедуру в системе, имеет следующий вид:

<?

```
echo 'https://chart.googleapis.com/chart?cht=qr&chs=300x 300&chl=',
htmlentities(urlencode($url))
```

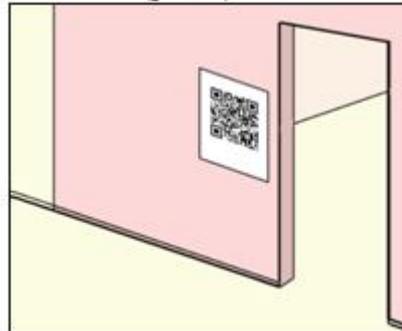
?>

где \$url – переменная, содержащая строку с адресом веб-страницы точки.

Штрихкод распечатывается и располагается в помещении в месте, обозначенном соответствующей точкой на схеме (рис. 6).



(а)



(б)

Рис.6. Метка, генерируемая системой (а) и пример размещения распечатанной метки в пространстве (б)

Для считывания двухмерного штрихкода пользователю необходимо установить программу для чтения штрихкодов, разработанную для конкретной мобильной платформы. Считывание метки производится путём запуска соответствующей программы и наведения камеры телефона на штрихкод как показано (рис. 7).

При считывании штрихкода мобильным устройством осуществляется

переход на страницу, на которой отображается соответствующее помещению изображение-схема, показывается положение точки на схеме и текстовая информация о точке (рис. 8).



Рис. 7. Считывание метки мобильным устройством пользователя

При переходе на страницу с описанием точки пользователь может также получить некоторые сведения, касающиеся точек, расположенных недалеко от данной. Например, информацию о точках, расположенных слева и справа, а также о точках, расположенных этажом выше или ниже. В текущей разработке описания соседних точек заносятся владельцем данной точки. В дальнейшей разработке планируется сделать автоматическое распознавание близлежащих точек и их отображение относительно заданной.

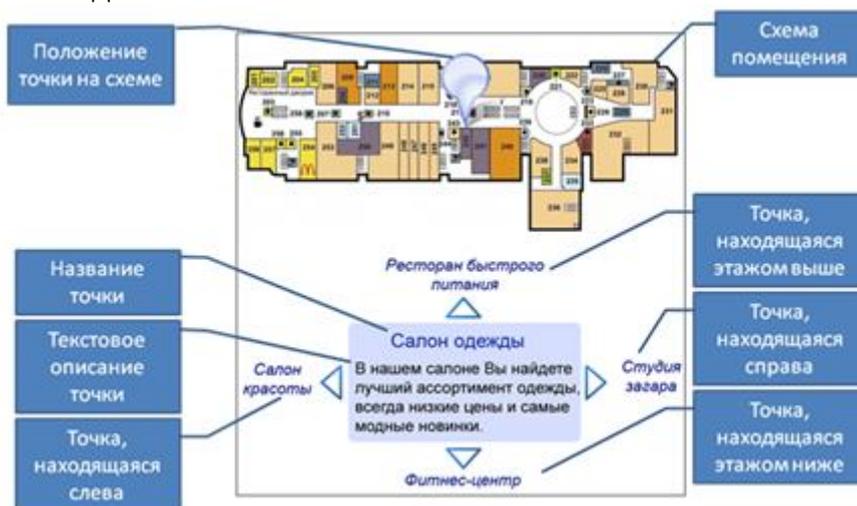


Рис. 8. Представление точки, которое видит пользователь

Система предполагает дальнейшую доработку, направленную на повышение функциональности позиционирования и навигации. Предполагается добавление функции поиска точек и прокладки маршрута. Кроме того, планируется доработка системы с использованием данных, считываемых с микроэлектромеханических датчиков, включенных в состав

современных мобильных устройств: акселерометра, компаса, гироскопа. С их помощью возможна реализация функционала интерактивной навигации пользователя к выбранной точке, а также определения местоположения пользователя без необходимости многократного считывания меток.

Литература

1. Google Indoor Maps & Indoor Location. [HTML] (<http://www.indoorlbs.com/2012/04/google-indoor-maps-indoor-location.html>).
2. Enterprise-Wide Location Tracking Explained: How Does Ekahau RTLS Work? [HTML] (<http://www.ekahau.com/products/real-time-location-system/overview/how-ekahau-rtls-works.html>).
3. 2012 Will be the Year of the Chips for Indoor Location. [HTML] (<http://www.indoorlbs.com/search/label/Broadcom>).
4. Nokia приспособливает Bluetooth для навигации внутри помещений. [HTML] (<http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?15/30/35>).
5. Системы позиционирования объектов в реальном времени (RTLS). [HTML] (http://www.grog.lv/products_8.php).

Ваграменко Я.А.,

д-р т.н., Федеральное государственное научное учреждение «Институт информатизации образования» (ФГНИ ИИО РАО), зам. Директора
inforao@gmail.com

Назаренко А.П.,

к.т.н., Федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР), директор Научно-технического центра – заместитель Генерального директора
apn@niir.ru

Сарьян В.К.,

д-р т.н., проф., акад. НАН РА, Федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР), директор Научно-образовательного центра
sarian@niir.ru

Сущенко Н.А.,

Московский физико-технический институт, аспирант, Федеральное государственное унитарное предприятие Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт радио (ФГУП НИИР), инженер по ИКТ
[scol@yandex.ru](mailto:skol@yandex.ru)

Шелупанов А.А.,

д-р т.н., проф., Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), проректор по научной работе
saa@tusur.ru

Беляков К.О.,

группа компаний «Элекард», вице-президент по стратегическому развитию
belyakovko@gmail.com

Мещеряков Р.В.

к.т.н., доцент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), заместитель начальника научного управления
mrv@security.tomsk.ru

Опыт создания доверенной среды для образовательных инфокоммуникационных услуг

В настоящее время происходит быстрый рост инфокоммуникационных технологий (ИКТ). Вместе с ними развиваются и средства информатизации образования. На этом этапе требуется предусмотреть проблемы, которые могут возникнуть при этом развитии, и принять системные меры для их предотвращения. В связи с этим, органам управления образованием важно не только обеспечивать построение необходимой инфраструктуры — каналов связи, серверов, пользовательской аппаратуры, — но и уделять как можно больше внимания содержательной части инфокоммуникационных образовательных услуг (ИКОУ) [1].

Обзор и анализ проблем, которые могут возникнуть, приведен в [2]. В данной работе перечислим лишь некоторые из них. Прежде всего, следует предотвратить нецелевое использование ресурсов, затрачиваемых на построение инфраструктуры, необходимой для информатизации образования. Как известно, доступность развитых ИКТ не является достаточным условием успешного решения задач, для которых эти технологии внедряются. Как показывает практика, если процесс развития массовых ИКТ не контролируется, основная часть возникающих при этом возможностей используется не для решения социальных задач, а для предоставления услуг развлекательного характера. Согласно прогнозам [3], к 2016 году следует ожидать, что доля информации, передаваемой пользователями в онлайн-играх, по отношению к общему трафику увеличится более чем в 2 раза. Очевидно, что среди детской и подростковой аудитории этот эффект будет выражаться еще сильнее. В связи с этим, без средств контроля и ограничений создаваемые в процессе информатизации возможности использоваться неэффективно. Этой проблеме было уделено много внимания на недавно прошедшей в Санкт-Петербурге встрече стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС), что нашло отражение в тексте Петербургской декларации, принятой по итогам совещания министров связи стран АТЭС [4].

К проблеме нецелевого использования ресурсов относится также наблюдаемое явление увеличения количества передаваемых данных в расчете на одну оказанную услугу. Стремительное развитие ИКТ часто дает иллюзию неограниченной емкости каналов связи, в результате чего вместе с действительно необходимой информацией передается большое количество данных, несущих рекламную или декоративную функцию (например, баннеры или многочисленные элементы графического оформления веб-страниц). По этой причине лишь малая часть передаваемого сегодня трафика несет полезную нагрузку.

Вторая проблема связана с опасностью потери государственного контроля над образованием. В ситуации, когда в образовательном процессе появляются новые участники — поставщики ИКОУ, требуется принимать специальные меры, чтобы сохранить те возможности контроля, которые имеются при использовании традиционных образовательных технологий.

Наконец, третьей возникающей проблемой является риск уменьшения качества получаемого образования. ИКТ потенциально позволяют предоставить учащимся доступ к огромному количеству информации по самым разным предметам. Однако это является преимуществом только в случае, если учащийся уже имеет какие-либо систематические знания в данной предметной области. Кроме того, в этом случае он должен обладать развитыми навыками поиска нужных данных из разнородных источников. В противном случае у учащегося не будет сформировано целостное представление об изучаемом предмете. В связи с этим имеет смысл предоставлять доступ к большим базам знаний только на высших ступенях обучения, а также для учебно-методического персонала. Для школьного же обучения, по мнению авторов, вместо практикуемого сейчас свободного доступа к Интернету, более целесообразно развивать специальные системы, позволяющие использовать ограниченное количество учебных пособий, соответствующих комплексному плану обучения.

Вышеперечисленных проблем можно избежать, если не пытаться для оказания ИКОУ применять модель, наиболее часто используемую в настоящее время для других инфокоммуникационных услуг, при которой абонент имеет выбор между большим количеством поставщиков услуг, однако несет полную ответственность за этот выбор в том смысле, что он практически не защищен от некачественного оказания услуги. Для ИКОУ, как и для многих других типов инфокоммуникационных услуг, более целесообразно использовать другую, централизованно-иерархическую модель, в которой все операции, связанные с оказанием услуги, проходят через систему центров разных уровней (местного, районного, регионального, федерального). Если центры не только являются посредниками при взаимодействии рядовых объектов (в данном случае — потребителей и поставщиков ИКОУ), но и контролируют качество оказания услуги, а в случае низкого качества несут ответственность, то в таком случае можно говорить о создании доверительной среды, которая наиболее хорошо подходит для таких социально важных услуг.

Система «ТВ-Информ-Образование», основанная на этом принципе, была построена уже более десяти лет назад. Она была предназначена для передачи цифровых данных за счет уплотнения аналогового телевизионного сигнала дополнительной информацией, которую абоненты могли получать по сети телевидения с помощью специального приемного устройства и персонального компьютера [5]. Развитием этой идеи является концепция информационно-управленческой сети (ИУС), пилотный проект которой с середины 2012 года внедряется в г. Томске. Использование современных ИКТ, в частности цифрового телевизионного сигнала, обладающего гораздо большей пропускной способностью, позволяет обеспечивать существенно более высокую производительность и реализовать новые возможности для предоставления

инфокоммуникационных услуг, в том числе образовательных. Схема организации ИУС представлена на Рис. 1.

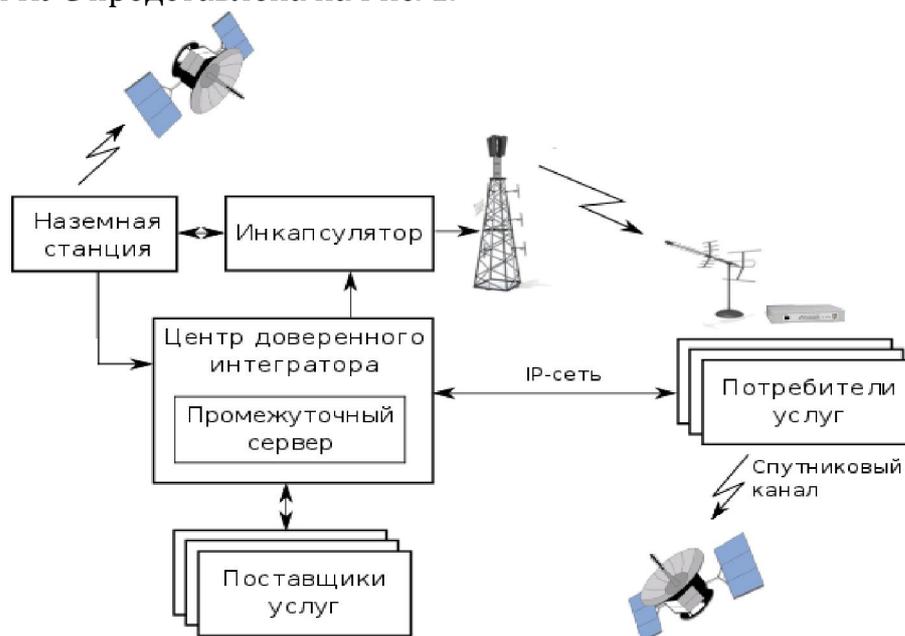


Рис. 1. Схема организации ИУС

Ключевым элементом ИУС является центр доверенного интегратора (ЦДИ), который отвечает за выполнение следующих задач:

- Организация одно- или двустороннего канала передачи информации между поставщиками и потребителям услуг для обмена информацией, индивидуальной для каждого потребителя, в режиме «точка-точка» (адресная передача информации).
- Организация доставки данных, которые могут понадобиться для оказания услуг всем потребителям, в режиме «точка-многоточие» (циркулярная передача информации).
- Организация доставки данных в режиме «точка-многоточие» для потребителей, относящихся к определенной категории (циркулярно-адресная передача информации). Большинство информации в ИУС передается именно в этом режиме.
- Приведение получаемых от различных поставщиков услуг данных к соответствию стандартам как по форме, так и по содержанию в автоматическом и/или ручном режиме.
- Фильтрация лишней информации в тех случаях, когда поставщики услуг по каким-либо причинам ее предоставляют. Примером является вырезание рекламных и декоративных элементов при получении данных в виде страниц HTML.
- Проверка поставщиков и потребителей услуг, желающих стать участниками данной ИУС на соответствие принятым в ней критериям качества, а также принятие решений об удалении из ИУС тех

участников, которые перестали соответствовать этим критериям.

- Прием и рассмотрение обращений абонентов, связанных с некачественным оказанием услуг, оперативная компенсация материальных потерь абонентам и принятие мер к поставщикам услуг, вплоть до приостановки деятельности.
- Накопление и анализ статистической информации с целью непрерывного улучшения качества услуг.

Рассмотрим теперь особенности абонентских терминалов в ИУС. Помимо приема информации от ЦДИ, абонентские терминалы должны решать задачу представления ее в виде, наиболее подходящем для данного потребителя. При этом форма представления данных может зависеть от индивидуальных особенностей потребителя, например, возраста, наличия нарушений восприятия или других физических или психических отклонений. Наличие такой индивидуализации, а также адресного и циркулярно-адресного режима передачи данных, не должны приводить к потере у ЦДИ возможности предсказать, какие данные и в какой форме в конце концов будут воспроизведены на том или ином абонентском терминале. В связи с этим, программное и аппаратное обеспечение абонентских терминалов должно проходить сертификацию для использования в ИУС. Поэтому желательно, чтобы различия в аппаратной производительности были минимальными, а обновления программного обеспечения устанавливались в автоматическом режиме в как можно более короткие сроки.

Существует два способа технической реализации абонентских терминалов. Первый — использовать универсальные терминалы (компьютеры), разработав для них специальное программное обеспечение. Этот вариант обладает рядом недостатков. Во-первых, доверительная среда может быть разрушена вследствие заражения вредоносным программным обеспечением или конфликтов с другими программами. Во-вторых, на практике представляется очень сложным провести сертификацию разнородного оборудования для его использования в ИУС. В связи с этим, более разумным решением является применение специализированных терминалов, программное и аппаратное обеспечение которых находится полностью под контролем центра доверенного интегратора. В частности, авторами была подана заявка на патент по использованию в качестве таких терминалов планшетных устройств, которые, согласно плану, будут использоваться в качестве электронных учебников.

Наконец, важную роль в построении ИУС играют каналы связи. В принципе, для организации канала связи в качестве универсального решения может использоваться сеть Интернет. Однако это не является лучшим вариантом ни с точки зрения доступности (пока вся территория страны не покрыта широкополосным доступом), ни с точки зрения надежности доставки данных. Гораздо более правильным решением,

особенно для стран, еще не завершивших переход от аналогового телевидения к цифровому, является использование системы доставки цифрового телевизионного сигнала для оказания ИКОУ. Стандарт организации транспортных потоков MPEG-2/4 позволяет передавать в составе ТВ сигнала не только видео- и аудиоинформацию, но и произвольный поток цифровых данных, который может быть декодирован процессором абонентского терминала и использован его программным обеспечением для создания интерфейса получения услуг. Такой подход обладает тремя преимуществами.

Во-первых, инфраструктура цифрового телевидения обладает высокой степенью надежности, не сравнимой с надежностью сетей доступа к Интернету. Так как обеспечение телевизионного вещания является стратегически важной задачей государства, каждый узел снабжен несколькими уровнями защиты как от технических неисправностей, так и от действий злоумышленников.

Во-вторых, после окончательного перехода на цифровое вещание, сигналом цифрового телевидения будет покрыта вся территория страны целиком.

В третьих, как было отмечено выше, оказание ИКОУ требует одновременной рассылки одинаковой информации большому количеству абонентов одновременно. IP-сети имеют ограниченные возможности для этого, в то время как данные, передаваемые в составе цифрового ТВ сигнала одновременно доставляются всем абонентам, имеющим права на доступ к ним. Для передачи информации обратно в центр доверенного интегратора может использоваться IP-сеть или любой другой канал связи. Количество передаваемых данных существенно сокращается за счет того, что в доверительной среде ЦДИ хранит контекстную информацию о потребителях, а значит ее не нужно воссоздавать при каждом оказании услуги. Благодаря этому для работы системы подходят даже очень низкоскоростные каналы (например, GPRS).

В рамках пилотного проекта Томске внедрение ИУС проходит там вместе с внедрением цифрового телевидения при активном участии и контроле Администрации Томской области. Главным исполнителем является ФГУП НИИР, основными исполнителями — ЗАО «Элекард Девайсез» и ОАО «Март». В рамках данного проекта была создана рабочая группа, помимо администрации и исполнителей включающая в себя операторов услуг (муниципальные органы и коммерческие компании), операторов связи и вещания, представителей администрации, а также представителей общественности.

Кроме того, задействованы образовательные и научно-исследовательские институты, в том числе Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР). Для научных исследований данный проект представляет уникальные возможности, так как впервые в одном месте будет собрана информация об

услугах, предоставляемых различными операторами. В частности, появится возможность на основании собранных сведений оценить количественно полезный эффект от внедрения новых ИКТ, заключающийся в повышении уровня жизни населения, в том числе за счет увеличения качества образования. Методика для такой оценки уже разработана авторами [6]. В результате этой работы можно будет сформировать показатели развития ИКТ, основанные не на технических, а на содержательных характеристиках предоставляемых услуг. Эта задача имеет ключевое значение для определения всей логики развития ИКТ, в том числе и в части средств информатизации [7], и ее решение позволит в значительной степени уменьшить описанную выше проблему нецелевого использования ресурсов.

К участию в проекте в качестве поставщиков услуг допускаются только организации, удовлетворяющие тщательно разработанным критериям качества. Помимо этого, проводится периодическая плановая переаттестация поставщиков, а также внеплановые проверки при поступлении жалоб от потребителей на низкое качество услуг. При этом, однако, принимаются меры для сохранения конкуренции: для всех услуг, для которых это возможно, подключается сразу несколько поставщиков.

Все это, по мнению авторов, позволяет говорить о том, что именно ИУС в настоящий момент является наиболее перспективной средой для оказания ИКОУ. Представляется возможным следующий спектр услуг:

- Распределение учебных материалов для учащихся.
- Распределение учебно-методических материалов, а также распоряжений, приказов и прочей служебной информации для преподавателей и методических работников.
- Распределение и контроль выполнение домашних заданий.
- «Электронный дневник», доведение до сведения родителей информации об успеваемости учащихся.
- Различные ИКОУ для учащихся с ограниченными возможностями.
- ИКОУ для заочного и дистанционного образования, в том числе проведение промежуточного контроля знаний.
- Удаленное проведение части занятий по тем предметам, которые не могут быть проведены в очной форме вследствие недостаточной технической оснащенности или отсутствия педагогических кадров в учебных заведениях сельских и отдаленных районов.
- Работа по индивидуальным учебным планам с одаренными детьми, проживающими вне крупных городов.

Для реализации этой идеи на практике к совместному проекту подключены представители органов управления образованием. Вместе с другими участниками они вырабатывают набор требований к качеству предоставляемых ИКОУ, который должен стать основой социотехнического стандарта, то есть документа, в котором закреплены как технические

аспекты (в частности, требования к каналам связи и абонентскому оборудованию), так и нормативы, связанные с содержательной частью услуг (например, требования по согласованности различных учебных материалов по одному и тому же предмету). Идея создания такого стандарта впервые была предложена авторами на фокус группе «От инноваций стандартам: преодоление цифрового разрыва» в Международном союзе электросвязи, и затем представлена на 23-й Европейской региональной конференции Международного телекоммуникационного сообщества, где вызвала большой интерес. Социотехнический стандарт, разработанный в ходе пилотного проекта, мог бы стать основой концепции дальнейшего развития информатизации образования в стране.

Литература

1. Ваграменко Я.А. Информатика: образовательный аспект. М. ИИО РОА, 2011.
2. Сарьян В. К., Сущенко Н. А. Использование информационно-управленческих сетей для оказания образовательных инфокоммуникационных услуг // Труды НИИР. 2013. Т. 1. Готовится к публикации.
3. Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2011–2016 : Отчет / Cisco : 2012. 05.
4. Saint Petersburg Declaration - Building Confidence and Security in the Use of ICT to Promote Economic Growth and Prosperity. 2012. http://www.apec.org/Meeting-Papers/Ministerial-Statements/Telecommunications-and-Information/2012_tel.aspx.
5. Ваграменко Я. А., Зобов Б. И., Сарьян В. К. Информационное обеспечение молодежной среды // Педагогическая информатика. 2001. — 1. С. 35–42.
6. Issues affecting the evaluation of the beneficial effect of new technologies and ways to solve these issues, 23rd European Regional Conference of the International Telecommunication Society / International Telecommunications Society. Vienna, 2012.
7. Назаренко, А. П., Сарьян, В. К., Сущенко, Н.А. Единый критерий оценки эффективности использования частотного спектра // Электросвязь. 2009. № 10. С. 24–28.

Васильев С.Н.,
г.н.с, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
Смирнова Н.В.,
н.с., ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
Суконнова А.А.,
ст. инж., ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
Душкин Д.Н.,
инж.-прогр, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
Абраменков А.Н.,
ст. инж.-прогр.; ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова
snv@ipu.ru

Методы интеллектуализации обучающих систем

Аннотация

Предлагаются методы интеллектуализации следящих систем обучения предметам естественнонаучного цикла. Подробно описываются логические методы автоматизации решения задач и планирования действий, а также эвристические методы проверки решений задач с привлечением инструментов символьных вычислений.

1. Введение

В данной работе рассматриваются методы интеллектуализации обучающих систем, хотя ряд рассматриваемых здесь методов имеет более широкую применимость. Одним из наиболее перспективных видов обучающих систем представляются так называемые следящие ИОС, т.е. такие обучающие системы, которые сравнивают шаги найденного решения, найденного самой системой, с шагами решения, получаемого обучаемым, для проверки хода решения обучаемого на завершенность и правильность.

К следящим ИОС относится система «Волга», разрабатываемая в Институте проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН в сотрудничестве с Казанским государственным техническим университетом им. А.Н.Туполева и психологическим факультетом Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова [1]. В решателях задач ИОС, способных отыскивать решения автоматически, могут задействоваться разные методы. В случае, когда это методы автоматического доказательства теорем (АДТ), в частности, дедукции или абдукции, ИОС именуется как система, основанная на АДТ (см., например, [2]). Существуют решатели, использующие более широкий спектр методов и эвристик, которые изначально разрабатывались психологами для

исследования процессов человеческого мышления, называемые когнитивными. Соответствующие ИОС именуются системами, основанными на когнитивных архитектурах (см., например, [3]).

ИОС «Волга» относится к гибридным следящим системам, поскольку в ней для проверки решений студентов используются не только логические решатели, но и ряд эвристических методов, задействующих библиотеку символьных вычислений SymPy[4]. В п. 2-4 статьи описывается первая версия подсистемы проверки решений, позволяющая не только установить правильность введенного студентом фрагмента решения, но также определить, какое из заложенных в системе решений наиболее близко к решению студента, является ли решение студента завершенным и достаточно развернутым. В п. 5 рассматриваются методы АДТ, автоматического планирования действий и автоматического поиска недостающих средств достижения текущей подцели. Областью применения методов АДТ является автоматическая генерация возможных решений учебных задач и планирование действий при управлении учебным процессом.

2. Обзор результатов, полученных другими коллективами.

Одной из наиболее развитых систем, в которой реализована поддержка ввода и проверка решений задач в достаточно свободной форме, является ANDES Tutor[5]. Эта система спроектирована для обучения вводному университетскому курсу физики, рассчитанному на два семестра. Как отмечают разработчики ANDES [6], в ранних версиях ANDES правильность уравнений, вводимых студентами, определялась по тому, является ли эквивалентной формула студента одной из формул из некоторого списка.

Данный список генерировался на этапе настройки системы путем применения набора правил, задающих возможные алгебраические манипуляции, к набору основных, или «канонических», уравнений. Этот метод требовал создания широкого списка возможных комбинаций формул из набора «канонических» уравнений. Даже для простых учебных задач в базу данных обучающей системы требовалось поместить слишком много возможных решений, поэтому разработчики ANDES решили сконструировать другую подсистему (описание этой подсистемы см. в [6]). Мы считаем, что вышеописанной проблемы можно избежать (см. п. 4). Что касается известных проблем алгоритмической неразрешимости массовой задачи эквивалентности термов и формул той или иной рассматриваемой теории, то еще в 1970-ых годах (В.М. Глушков и др.) отмечалась полезность понятия практической разрешимости, учитывающей эвристики и вычислительную сложность задач, в сравнении с зачастую практической неразрешимостью ряда теоретически разрешимых задач. Поэтому для ИОС «Волга» была разработана подсистема, в которой правильность вводимых студентами формул определяется путем сравнения их на эквивалентность с формулами, присутствующими в возможных решениях учебной задачи.

Эквивалентность формул в ИОС «Волга» определяется с помощью библиотеки символьных вычислений SymPy. Идея привлечения инструментов символьных вычислений к проверке ответов студентов путем сравнения выражений на эквивалентность не нова. По-видимому, самыми широко известными обучающими системами, в которых используется данный подход, являются ActiveMath[7] и STACK[8]. Между тем, в этих системах в качестве решения задания допускаются только только «одношаговые» задачи.

К сожалению, в отличие от системы компьютерной алгебры Maxima, которая используется в STACK, библиотека SymPy не позволяет отключать некоторые аксиомы при проверке на эквивалентность формул. Отключение аксиом коммутативности и ассоциативности полезно при определении того, соответствует ли формула студента требованиям преподавателя – например, является ли она достаточно упрощенной, обладает ли требуемым порядком слагаемых. Преимуществами SymPy являются высокий уровень интероперабельности и надежность работы в условиях многопользовательского веб-приложения. Поэтому в архитектуру ИОС «Волга» была встроена библиотека SymPy.

3. Организация ввода и проверки решений студентов в ИОС «Волга».

В ИОС «Волга» фрагменты решения вводятся в систему с помощью специального элемента интерфейса (см. рис. 1). Фрагмент решения, введенный с помощью этого элемента интерфейса, называется шагом студента. Для студентов предусмотрено два вида интерфейса ввода шага: «трудный» и «легкий». Далее будет описан только «трудный» интерфейс. Интерфейс ввода шага включает текстовое поле ввода и область, в которой отображается визуальное представление вводимой формулы, динамически формируемое с помощью скрипта Mathjax. Правила ввода формул похожи на синтаксис LaTeX.

Возможные решения учебных задач представляются посредством коллекции экземпляров класса «Этап». Правильность шага определяется путем проверки того, является ли формула студента эквивалентной формулам из некоторого списка (об этом подробнее далее). Эквивалентность формул проверяется с помощью функции *simplify* библиотеки SymPy.

Перед проверкой на эквивалентность выполняется предобработка сравниваемых формул. Поскольку синтаксис Mathjax немного отличается от синтаксиса SymPy, к тому же правила ввода формул были несколько упрощены, предобработка включает замену некоторых символьных последовательностей на другие (например, «^» на «**»). Кроме того, во время предобработки все обозначения задачи в сравниваемых формулах заменяются на соответствующие символы «x1y», ..., «xnuy» (при вводе формул студент может использовать только обозначения из определенного списка, отображаемого в окне пользовательского интерфейса решения

задачи). Такая замена позволяет не только избежать ситуаций, в которых присутствие обозначений, содержащих не поддерживаемые SymPy символы (например, « $p(a,b)$ ») вызывает исключения во время проверки эквивалентности, но и эффективно вставлять в формулу студента забытые им знаки умножения.

Шаг 1

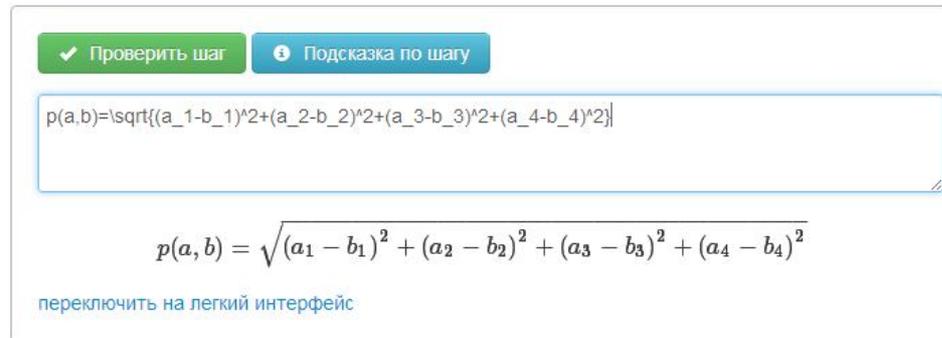


Рис. 1. Пример шага студента.

Заметим, что в некоторых случаях в дополнение к стандартной процедуре проверки на эквивалентность двух выражений запускаются дополнительные эвристики. Если часть формулы этапа содержит префикс « $\#almost\#$ », запускается эвристика, проверяющая путем сравнения количеств операций сложения, умножения, вычитания и возведения в степень, является ли соответствующая часть формулы студента настолько же развернутой. В случае присутствия префикса « $\#fixed\#$ » запускается эвристика, проверяющая, является ли часть формулы студента такой же, как и часть формулы этапа в «строгом» смысле. Эта эвристика проверяет на точное совпадение две строки, соответствующие сравниваемым частям формул этапа и студента с предварительно удаленными из них пробелами. Например, когда формула этапа « $\#fixed\# x + y = \#almost\# a + b$ », то тогда, если формула студента

$x + y = a + b$, шаг студента введен правильно,

$y + x = a + b$, шаг студента введен неправильно,

$x + y = b + a$, шаг студента введен правильно,

$x + y = a + b + 1 - 1$, шаг студента введен неправильно.

Впервые необходимость запуска дополнительных эвристик после стандартной проверки на эквивалентность возникла при анализе решений студентов на достаточную развернутость (для того, чтобы предотвратить списывание, преподаватели могут требовать от студентов со слабой успеваемостью предоставления более развернутых решений) Рассмотрим следующий пример.

Условия задачи: Вычислить расстояние между векторами $a = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ и $b = \begin{pmatrix} 5 \\ 6 \end{pmatrix}$

Одно из возможных решений:

$$p(a,b) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2} \quad (1)$$

$$p(a,b) = \sqrt{(1-5)^2 + (2-6)^2} \quad (2)$$

$$p(a,b) = \sqrt{(-4)^2 + (-4)^2} \quad (3)$$

$$p(a,b) = \sqrt{32} \quad (4)$$

Формулы (2)-(4) соответствуют последовательному упрощению формулы расстояния между векторами, в которую подставили конкретные значения координат. Заметим, что для функции *simplify* формулы (2)-(4) являются попарно эквивалентными, и, соответственно, неразличимыми. Так, например, если преподаватель потребует, чтобы в решении студентов обязательно присутствовала формула (2), а решение студента будет состоять только из формулы (4), то проверяющим алгоритмом не будет установлено, что решение студента не соответствует требованиям преподавателя. Для решения этой проблемы в конфигурацию ИОС «Волга» были внесены описываемые ниже изменения.

Для шагов решения, соответствующих упрощению одного и того же выражения, создается только один объект «Этап решения». Если существует необходимость наложить условия на развернутость решения, то преподаватель, помимо основной формулы, в качестве дополнительных свойств этапа вводит в систему формулы, которые должны обязательно присутствовать в решении студента («обязательные» формулы). Для рассматриваемого примера имеем:

Этап 1.

Основная формула: (1).

Этап 2.

Основная формула: (2), «обязательные» формулы: (2)-(4)²⁰.

После стандартной процедуры проверки шага в случае его правильности, если шаг студента соответствует этапу с непустым множеством «обязательных» формул, формула шага студента «строго» сравнивается с каждой из «обязательных» формул этапа (т.е. при сравнении на эквивалентность считается, что каждая «обязательная» формула содержит префикс «#fixed#»). Если находится «обязательная» формула, «строго» совпадающая с формулой шага студента, то в системе сохраняется информация о том, что данный шаг студента реализует именно эту «обязательную» формулу. Решение студента считается достаточно развернутым, если в нем реализованы все «обязательные» формулы этапов решения, наиболее близкого к решению студента.

Решение, наиболее близкое к решению студента, характеризуется максимумом совпадений между множеством присутствующих в нем этапов

20 В зависимости от пожеланий преподавателя совокупность «обязательных» формул может быть другой.

и множеством различных²¹ этапов, присутствующих в решении студента. Если студент еще не ввел правильных шагов, то наиболее близким считается решение, рекомендованное преподавателем в качестве опорного.

Этап, соответствующий шагу студента, определяется автоматически во время проверки шага. Для этого сначала проверяется, эквивалентна ли формула студента, каждой из формул, соответствующих этапам возможных решений задачи. Если оказывается, что формула студента эквивалентна нескольким формулам, тогда формулы дополнительно сравниваются на наличие эквивалентности в «строгом» смысле (т.е. с использованием префикса «#fixed#»). Если же формула студента эквивалентна (в обычном или «строгом» смысле) только одной из формул, соответствующих этапам возможных решений, тогда этот этап соответствует шагу студента.

4. Проблема множественных комбинаций формул, генерируемых студентами при решениях учебных задач

Рассмотрим эту проблему на примере задачи вычисления расстояния между векторами a, b в евклидовом пространстве.

Для решения этой задачи необходимо использовать следующие формулы:

$$p(a, b) = |c| \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 - b_1 \\ a_2 - b_2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$|c| = \sqrt{(c, c)} \quad (7)$$

$$(c, c) = c_1^2 + c_2^2 \quad (8)$$

Комбинация формул сводится к замене величин в одной формуле алгебраическими выражениями, полученными из других формул, участвующих в комбинации. Например, комбинация формул (5) и (7) имеет вид: $p(a, b) = \sqrt{(c, c)}$, комбинация же формул (5), (7), (8), такова: $p(a, b) = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$.

Нетрудно придумать алгоритм, который бы сгенерировал все возможные решения студента, включающий все возможные комбинации данного набора формул. В данном случае было сгенерировано 16 решений. В решениях произвольных учебных задач может присутствовать несколько таких «базовых» наборов формул. Например, если возможные решения задачи можно описать 5-ю «базовыми» наборами формул, то преподавателю на этапе настройки системы придется заложить в базу данных 80 возможных решений. Рассмотрим возможный способ преодоления этой проблемы.

Возможности комбинации формул удобно представлять в виде графа, каждая вершина которого соответствует одной или нескольким величинам, а каждое ребро - одной формуле (см. рис. 2). Если в графе вершины a и b соединены ребром $a \leftarrow b$, это означает, что переменная a может быть вычислена по формуле, которая содержит величину b (значений других

21 имеется в виду термин языка SQL, см. опцию DISTINCT выражения SELECT.

величин при этом не требуется).

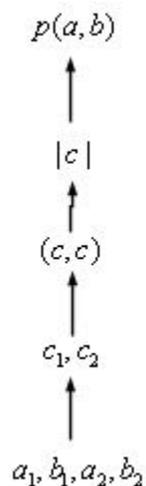


Рис. 2. Возможности комбинации формул для задачи вычисления расстояния между векторами a и b евклидова пространства

Если добавить в модель базы данных класс «Комбинаторный этап», который бы содержал информацию об этом графе, тогда процедура проверки решений может включать следующие шаги:

1. если существует вершина графа, величины которой совпадают с величинами в левой части уравнения студента, запомнить эту вершину (обозначим ее a),
2. если существует вершина графа, величины которой совпадают с величинами в правой части уравнения студента, запомнить эту вершину (обозначим ее b),
3. сформировать формулу, соответствующую «комбинаторному этапу», путем последовательной комбинации формул, двигаясь по графу от вершины a до вершины b ,
4. применить стандартную проверку на эквивалентность формулы студента формуле «комбинаторного этапа».

Рассмотрим следующий пример. Пусть студент ввел формулу $|c| = c_1 + c_2$. В левой части формулы студента находится $|c|$, в правой части - c_1, c_2 . В этом случае формула «комбинаторного этапа» получается как комбинация формул (7) и (8) и имеет вид: $|c| = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$.

Студент ввел неправильный шаг, поскольку формулы $|c| = \sqrt{c_1^2 + c_2^2}$ и $|c| = c_1 + c_2$ не эквивалентны.

Улучшение вышеописанной процедуры - тема следующих публикаций. Целью данного раздела статьи было показать преодолимость проблемы, возникающей при использовании ранее предложенного метода проверки решений студентов.

5. Логические методы интеллектуализации

Известны разные логические исчисления и методы поиска выводов,

ориентированные на компьютерную реализацию. В их числе – метод резолюций для представления и обработки знаний в языке дизъюнктов [9-12], метод представления и обработки знаний в языке по-формул (ПОФ-метод) [13] и другие. Хотя метод резолюций, как и ПОФ-метод, машинно-ориентирован, ПОФ-метод обладает рядом преимуществ, которые являются ключевыми для интеллектуализации компьютерных средств обучения на основе логического подхода. В частности, не уступая другим методам автоматического доказательства теорем в свойствах выразительности языка, а также корректности и полноты стратегий выводов, языковые и дедуктивные средства исчисления по-формул (по-формализм) характеризуются меньшей комбинаторностью пространства поиска выводов и лучше совместимы с эвристиками предметной области из-за того, что в отличие от языка дизъюнктов, используемого в методе резолюций, в языке L по-формул эвристическая структура знания не разрушается. Более полный перечень особенностей этого метода содержится в [13].

Язык L по-формул является полным языком первого порядка, формулы которого представляются как деревья. Каждый узел есть т.н. позитивный квантор (ПК), состоящий из знака квантора (\forall, \exists), вектора связываемых этим квантором переменных и условия, накладываемого на значения этих и ранее квантифицированных переменных в виде конъюнкта, где под конъюнктом понимается множество (конъюнкция) атомов. Ветвления после ПК всеобщности (существования) понимаются как дизъюнкции (соответственно конъюнкции). ПК всеобщности (узлы-посылки) и существования (узлы-факты) чередуются вдоль каждой ветви формульного дерева. Без ограничения общности можно считать, что 1) корнем формульного дерева является ПК $\forall: True$ (набор переменных отсутствует, $True$ - тождественно истинный предикат и, если за корнем следует ветвление, то этот ПК понимается просто как дизъюнкция), 2) листьями дерева являются ПК существования и, в частности, $\exists: False$ ($False$ - тождественно ложный предикат), 3) ни один ПК, кроме листьев, не содержит $False$. Подробнее язык L описан в [13], а здесь рассмотрим лишь его пропозициональный фрагмент. Поэтому в ПК существования (узлах-фактах) кванторы \exists не пишем, а в ПК всеобщности (узлах-посылках) вместо символа \forall пишем знак вопроса.

Семантика по-формулы F прозрачна: она совпадает с теоретико-модельной семантикой соответствующего образа F^{IB} (формулы F) в классическом исчислении высказываний (или образа F^{III} в первопорядковом варианте языка L , см. [13]). Язык по-формул полон относительно классических выразительных возможностей [13].

Далее будет рассмотрен пропозициональный фрагмент исчисления по-формул J [13] с такой модификацией построения выводов, которая предложена в [14,15] и позволяет осуществлять распараллеливание вывода

с целью его ускорения.

Пусть по-формула F имеет вид, представленный на рис. 3, где в эллипсах – нераскрытые части формулы. Для определения правила ω будем считать, что A не совпадает с $False$ и обведенное пунктиром -непусто, хотя подформулы $\Phi, \Psi, \Sigma_1, \dots, \Sigma_l$ могут быть пустыми. Содержание $\Psi, \Sigma_1, \dots, \Sigma_l$ может быть разным, но их ветви должны начинаться с узлов-посылок, т.е. с вопросов, а ветви в Φ должны начинаться с узлов-фактов. Пусть в общем случае узел-посылка (вопрос) B имеет альтернативы (т.е. дизъюнктивное ветвление) как на рис. 3, где $l \geq 1$.

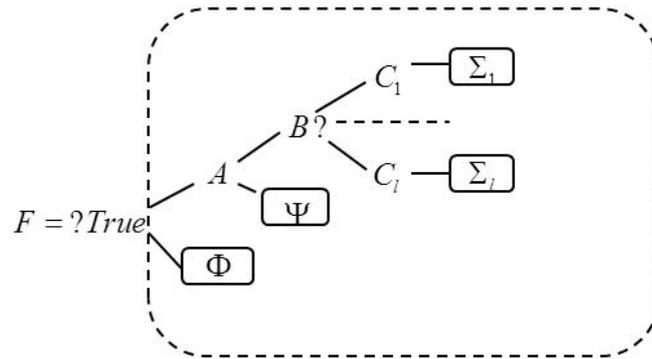


Рис. 3. Общий вид по-формулы.

Пусть содержимое вопроса B подтверждено в узле-факте A , т.е. $B \subseteq A$. Тогда по определению применения правила ω к вопросу B приводит к по-формуле, представленной на рис. 4. В соответствии с методом доказательства от противного, выводы в исчислении J ориентированы на опровержение отрицания доказываемого, поэтому в качестве аксиомы выбрана по-формула $True? - False$. Конечная последовательность применения ω , приводящая к этой аксиоме, называется выводом.

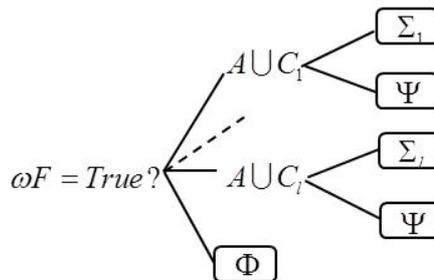


Рис. 4. Результат однократного применения правила ω к F .

Каждый шаг вывода формализует не столько специальный (локальный) переход от условий к действию (как, например, при использовании инструктивных знаний «если-то» в экспертных системах продукционного типа, выражающий более или менее очевидным образом отдельный шаг приближения к цели), сколько интуитивное представление человека о правильности (логичности) умозаключений, т.е. имеет более универсальный характер.

Применение правила вывода к узлу вопросу B с дизъюнктивным ветвлением привело к размножению узла-факта A . Обработку каждой

подформулы, начинающейся с узла $A \cup C_i, i = \overline{1, l}$, можно осуществлять независимым образом параллельно, например, на разных процессорах (естественный ИЛИ-параллелизм). В отличие от [13], в [14,15] предложено применение правила вывода ω и к вопросам, входящим в третий, пятый и более глубокие (нечетные) уровни вопросов формулы F , например, на рис. 3 входившим в Φ, Ψ и $\Sigma_i, i = \overline{1, l}$. Поясним это на примере (рис. 5).

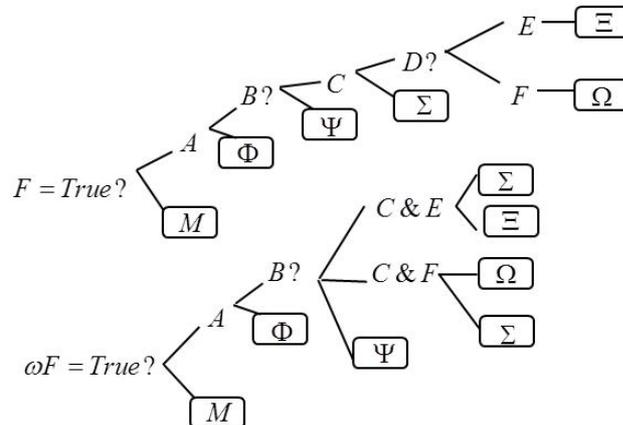


Рис. 5. К расширению применимости правила ω для распараллеливания вывода.

Пусть требуется ответить на вопрос D формулы F . Тогда условием применимости правила ω к вопросу D будет вложимость конъюнкта D в объединение конъюнктов $A \cup B \cup C$. Результатом применения ω к D будет формула ωF , представленная на рис. 5.

Теорема 1. F логически эквивалентно ωF .

Если на каждом шаге применения правила ω каждая новая формула следует из предыдущей (хотя они даже эквивалентны), то вывод противоречия в конце цепочки применений правила ω означает противоречивость исходной формулы, что и требуется (по методу от противного).

Утверждение 1 (необходимый критерий опровержимости). Для противоречивости формулы F необходимо, чтобы хотя бы один лист древовидного представления F совпадал с *False*.

Доказательство очевидно. Действительно, т.к. ни один узел, отличный от листьев, не содержит предиката *False*, то, если хотя бы в одном листе тоже нет этого предиката, то мы никогда в узле-факте 1-го уровня не получим противоречия.

Разумеется, наличие листьев с противоречиями не означает опровержимости по-формулы (т.е. указанный критерий не является достаточным, он только – необходимый). Например, следующая формула, очевидно, неопровержима, $True? - A - B? - False$, если B не является подмножеством множества атомов A (не применимо правило вывода), что необходимо для проникновения *False* в A .

При решении задач с неполной информацией (учебных или

управленческих в модуле управления) необходим механизм дооснащения дополнительными средствами, в том числе конструктивными средствами вычислимости в виде недостающих формул, средствами построения планов действий модуля управления и т.п. Это дооснащение реализуемо на основе сочетания правила ω с некоторым правилом абдуктивного типа. Такое сочетание правил вывода осуществляется в излагаемом ниже механизме решения логических уравнений (вначале – в классической семантике).

Рассмотрим пропозициональное уравнение $X \rightarrow A$, где $(\neg A)^L$ – известная произвольная хорновская по-формула, т.е. без дизъюнктивных ветвлений, а X – неизвестная формула, подлежащая отысканию для обеспечения выводимости в исчислении высказываний (ИВ) формулы $X \rightarrow A$, т.е. $\xrightarrow{\text{ив}} X \quad A$.

Рассмотрим следующую процедуру построения X по A с применением средств исчисления J . Поскольку обоснование $X \rightarrow A$ равносильно опровержению $(X \& \neg A)^L$, то к формуле $(\neg A)^L$ добавляется неизвестная V , т.е. рассматривается по-формула $\Omega = \text{True? True} \left(((\text{Ш})^L, V) \right)$. Здесь и далее используется скобочная структура формул для представления ветвлений и других структурных элементов (вместо геометрического, как на рис. 3-5). По-формула $(\neg A)^L$ имеет общую структуру набора формул $B_1?(\Phi_1), \dots, B_m?(\Phi_m)$, где $m \geq 1$. Поначалу ω неприменимо (узел-факт первого уровня – пустой), поэтому в порядке конкретизации V формируем начальный фрагмент будущего решения $X = (\tilde{V})^{us}$:

$$\tilde{V} = \text{True?} (B_1(V_1), \dots, B_m(V_m)),$$

где V_i – новые неизвестные (подлежащие конкретизации).

После ответа на синтезированный вопрос True формула Ω примет вид $\text{True?} (B_1(B_1?(\Phi_1), \dots, B_m?(\Phi_m), V_1), \dots, B_m(B_1?(\Phi_1), \dots, B_m?(\Phi_m), V_m))$ (9)

где каждая подформула, начинающаяся с узла-факта B_i , является объектом независимого опровержения.

Каждая такая подформула после, по меньшей мере, одного применения ω (в том числе к вопросу B_i) примет один из следующих трех видов: либо 1) False , либо 2) $C(V_i)$, либо 3) $C(C_1?(\Psi_1), \dots, C_k?(\Psi_k), V_i)$, $k \geq 1$, с неприменимым более правилом ω .

В первом случае i -я ветвь в \tilde{V} опровергнута и по критерию получения логически наислабейшей импликации формулы \tilde{V} полагаем $\tilde{V}_i = \Lambda$, где Λ – пустое выражение.

Во втором случае полагаем $\tilde{V}_i = C? \text{False}$, после чего i -я ветвь снова опровергается с указанным результатом \tilde{V}_i . В третьем случае формируем

$$\tilde{V}_i = C?(C_1(V_{i1}), \dots, C_k(V_{ik}))$$

и после ответа на этот вопрос узел-факт C снова размножится и каждый новый узел-факт $C \text{ И } C_l$ будет началом ветви

$$C \text{ И } C_l(C_1?(\Psi_1), \dots, C_k?(\Psi_k), V_{il}), \quad l = \overline{1, k}.$$

Дальше процесс продолжается аналогично описанному для (9). Правило синтеза решения \tilde{V} назовём правилом α , а весь процесс – ограниченным (ω, α) -процессом, поскольку синтез очередного фрагмента решения \tilde{V} осуществляется лишь в случае неприменимости правила ω .

Теорема 2. Пусть дано пропозициональное логическое уравнение $X \rightarrow A$, где $(\neg A)^L$ – известная хорновская по-формула, X – неизвестно. Тогда ограниченный (ω, α) -процесс (синтеза по-формулы \tilde{V}) конечен и приводит к необходимому и достаточному условию $X = \left(\tilde{V} \right)_{\text{ИВ}}^{\text{ИВ}}$, т. е.

$$\square_{\text{ИВ}} \left(\tilde{V} \right)_{\text{ИВ}}^{\text{ИВ}} \leftrightarrow A$$

Таким образом, при возникновении трудностей с доказательством A (ω, α) - процесс преодолевает их путем формирования и принятия некоторых дополнительных предположений X . Этот подход представляется характерным для содержательных рассуждений. Под трудностями доказательства понимаются не только собственно исчерпание ресурсов, но и, например, появление тех или иных признаков бесперспективности или невозможности дальнейшего доказательства (заикливание, неприменимость правил вывода и т. п.). Даже при отсутствии ограничений на ресурсы в неразрешимых и полурешимых теориях возникает проблема принятия решения в случае, если доказываемая формула невыводима, а признаков этого не обнаруживается ни сразу, ни в процессе доказательства. При этом учет ресурсных ограничений оказывается полезным сам по себе для построения решающих правил, в частности, прерывающих процесс поиска вывода.

По своей постановке задача разработки алгоритмического метода синтеза гипотез X для выводимости формул $X \rightarrow A$ напоминает работы по автоматическому синтезу теорем [16], решению пропозициональных и первопорядковых логических уравнений [17], индуктивному логическому программированию [18], абдуктивному логическому программированию [19]. Однако (ω, α) - процесс по своему содержанию и сфере возможных приложений отличается от указанных работ. Некоторая первопорядковая версия (ω, α) - процесса описана в [20].

С логической точки зрения многие учебные задачи могут иметь

неклассическую семантику («доказать, что истинно...»), а конструктивную («найти...», «вычислить...», «построить...»). При этом должна быть возможность извлечения из логического вывода утверждения о достижимости цели искомого плана действий (плана отыскания, вычисления или построения). Примером конструктивной задачи является задача, цель которой специфицируется формулой $A \Vdash B$, а логический вывод должен обеспечить распознавание, какой конкретно из этих двух случаев имеет место. Так, классический вывод специфицируемой формулой $A \Vdash A$ цели, где, например, A - утверждение «Великая теорема Ферма верна» (как и при других A , например, когда A - утверждение «Данные два треугольника равны» и т.п.), ничего не дает и тривиален.

Поэтому нужны логики для решения задач в конструктивной семантике, широко возникающих не только на уровне отыскания решений учебных задач, но и для планирования действий самой системы.

В [13] выделен конструктивный фрагмент исчисления J (см. Приложение). В проекции на пропозициональный язык из Теорем 2.8 – 2.10 и Следствия 2.1 [13] очевидным образом вытекает следующее утверждение.

Утверждение 2. Если по-формула F - произвольная спецификация конструктивных средств достижения цели (т.е. каждому \Vdash -ветвлению сопоставлена упомянутая процедура распознавания), а по-формула G - спецификация цели из класса формул вида $D?(E_1, \dots, E_k)$, то всякий (классический) вывод в J формулы $((F)^{us} \& \neg(G)^{us})^L$ конструктивен в том смысле, что каждому \vee -ветвлению в G можно сопоставить процедуру распознавания в виде композиции процедур для F .

Нетрудно проверить, что из Утверждения 2 и Теоремы 2 вытекает следующее утверждение.

Утверждение 3. Пусть задача A имеет вид $F \rightarrow G$, где $(F)^L$ - хорновская по-формула, $(G)^L$ - из класса $B?(B_1, \dots, B_n)$. Тогда всякий ограниченный (ω, α) - процесс синтеза условия \bar{V} выводимости формулы $(F \& \neg G)^L$ конечен и конструктивен, а синтезируемое решение \bar{V} - спецификация искомого, логически минимального, конструктивного дооснащения.

Рассмотрим простейший пример применения ограниченного (ω, α) - процесса в задаче планирования действий в условиях недостатка конструктивных средств достижения цели.

Пример.

«В треугольнике известна длина a основания и площадь S . Высота h , опущенная на основание, совпадает с боковой стороной b . Найти длину второй боковой стороны c ».

Пусть база знаний предметной области (планиметрии) не содержит формул, связывающих между собой величины a, h, S , дающих возможность конструктивного отыскания любой из них по двум другим, но есть формула

вычисления длины гипотенузы c через длины катетов a и b . Тогда, добавив к спецификации $b \& a \rightarrow c$ (спецификация минимальной базы знаний, выражающая вычислимость c через b и a) условия задачи $S \& a$, а также $(b \rightarrow h) \& (h \rightarrow b)$, что означает вычислимость b и h друг через друга (тривиальную, поскольку b и h совпадают), утверждение о вычислимости c в указанной вычислительной обстановке примет в ИВ вид

$$A = (S \& a \& (b \& a \rightarrow c) \& (b \rightarrow h) \& (h \rightarrow b) \rightarrow c),$$

а отрицание этого утверждения в языке L

$$(\neg A)^L = (True? \{S, a\}, \Phi).$$

где $\Phi = (\{b, a\}?c, \{b\}?h, \{h\}?b, \{c\}?False)$.

После применения ω к $\Omega = True? True \left((\sqcup)^L, V \right)$ получим $\omega \Omega = True? \{S, a\} (\Phi, V)$, где V – неизвестная, вводимая впрок – на случай неполноты средств для разрешимости задачи. Такой случай как раз здесь имеет место (данных хватает, а формульных зависимостей не хватает для вычислимости c). Поскольку теперь ω неприменимо, синтезируем спецификацию дооснащения

$$\tilde{V} = \{S, a\}? (\{b, a\}(V_1), \{b\}(V_2), \{h\}(V_3), \{c\}(V_4)).$$

Далее применяем α

$$\alpha \omega \Omega = True? \{S, a\} \left(\Phi, \tilde{V} \right)$$

и снова ω

$$\omega \alpha \omega \Omega = True? (\{S, a, b\}(\Phi, V_1), \{S, a, b\}(\Phi, V_2), \{S, a, h\}(\Phi, V_3), \{S, a, c\}(\Phi, V_4)).$$

Каждый из первых двух узлов-фактов (второго уровня) опровергается минимум за два применения правила ω , третий – за минимум три применения ω , а четвёртый – за минимум одно применение ω . Поэтому полагаем $V_i = \Lambda, \forall i = \overline{1, 4}$, и окончательно получим решение

$$\tilde{V} = \{S, a\}? (\{b, a\}, \{b\}, \{h\}, \{c\}),$$

означающее спецификацию недостающего средства вычисления по S, a либо 1) b , либо 2) h (что равносильно b), либо 3) c (что означает прямое вычисление c по S, a , т.е. путем применения явной формульной зависимости c от S, a).

Соответственно из вывода извлекается план решения задачи: ввести данные S, a (первое применение ω); убедившись в неприменимости более имеющихся знаний (данных) и конструктивных средств, синтезировать начальный (он же окажется и полным) фрагмент спецификации недостающих средств; ввести недостающие средства (применение α); использовать все средства (девять применений ω) с получением ответа c .

В частности, достаточным для «проталкивания» задачи над указанной «бедной» базой знаний является дооснащение вычислительным средством, способным по S и a вычислять h (по известной формуле

$h = 2S/a$).

Встраивание описанного (ω, α) -процесса как процедуры дооснащения для решения задачи может быть достаточно разнообразным, в том числе в управлении учебным процессом, например, для автоматического синтеза сценария диалога ИОС с обучаемым.

6. Заключение

В п. 2-4 статьи описана подсистема эвристической проверки решений обучаемого (студента), основанная на символьных преобразованиях. Она позволяет не только определить правильность введенного им фрагмента решения, но также определить, какое из априорно заложенных в систему решений наиболее близко к решению студента, является ли решение студента завершенным и достаточно развернутым. Качество работы предложенного способа проверки решений во многом зависит от возможностей функции *simplify* библиотеки SymPy. Возникает вопрос о том, как можно описать класс выражений, для которых функция *simplify* всегда выдает результат, т.е. выделить область полноты разработанной системы. На этот вопрос нельзя ответить, поскольку *simplify* – это эвристический метод, который постоянно совершенствуется. Так, если, например, выражение действительно тождественно 0, но не упрощается до него, то это обычно происходит в силу одной из следующих причин: 1) требуемое упрощение очень сложное, 2) упрощение не применимо для некоторых значений переменных.

В SymPy используется предположение о том, что все символы по умолчанию являются комплексными числами, и в процессе работы *simplify* не используются упрощения, которые не являются применимыми для всех комплексных чисел. Например, $\sqrt{x^2} = x$ верно только тогда, когда x – положительное число. Разработчики SymPy отмечают, что второй вышеобозначенной причины можно избежать путем дополнительных настроек функций упрощения выражений, вызываемых в ходе работы функции *simplify*.

Перечисленные особенности работы функции *simplify* позволяют надеяться на то, что решения не слишком сложных задач будут успешно проверяться предложенным выше способом. Данный способ был успешно апробирован при проверке задач из курса по линейной алгебре для студентов психологического факультета МГУ. При расширении обучающей системы на другие предметные области может потребоваться расширение и доработка как эвристики сравнения формулы шага студента с «обязательными» формулами, так и самой библиотеки SymPy.

Логические же методы интеллектуализации компьютерных систем в ИОС «Волга» при всей их абстрактности обладают рядом достоинств для их выделения в качестве базовых методов. Формализм позитивно-образованных формул, лежащий в основе логических методов, используемых в рамках проекта ИОС «Волга», характеризуется рядом

преимуществ указанных выше, и, в частности, компактностью представления и регулярностью структуры используемых формул, неразрушением исходной эвристической структуры знаний, что облегчает совместимость логики с эвристиками конкретного применения, большей эффективностью техники вывода в силу как меньшей размерности комбинаторного пространства поиска выводов, так и возможности распараллеливания вычислений в процессе вывода. На основе этих логических средств разрабатываются автоматические решатели задач для определенных предметов естественно-научного цикла (геометрии, математической статистики, качественной теории дифференциальных уравнений и др.). Такие решатели позволяют находить наиболее короткие решения задач или такие, которые не используют тех указанных априори разделов предмета, которые слабо освоены обучаемым.

Поскольку задачи планирования взаимодействия обучающей системы с обучаемым допускают ту или иную степень логической формализации, то применение логического (конструктивного) поиска выводов позволяет обеспечить интеллектуальность интерактивного взаимодействия системы с обучаемым: в случае когда обстоятельства, описывающие текущую ситуацию, имеют вид произвольных по-формул, а цель является квазихорновской формулой, любой вывод позволяет выстраивать цепочку действий как управление процессом обучения. Если та или иная рассматриваемая подцель недостижима ввиду неполноты средств ее достижения, то предложенный механизм (ω, α) -процесса обеспечивает дооснащение обстановки и планирование достижения подцели.

Описанные языки и исчисление приведены в пропозициональном варианте и допускают переформулировку на первопорядковый язык [13]. Вместе с тем вопросы работы с равенствами, поддержки индукции и некоторые другие логические вычисления пока остались неисследованными.

Литература

1. Vassilyev S. (et al.) Adaptive Approach to Developing Advanced Distributed E-learning Management System for Manufacturing / S.N.Vassilyev, G.L. Degtyarev, V.V.Kozlov, N.N.Malivanov, S.R.Sabitov, R.A.Sabitov, R.D.Sirazetdinov // Preprints of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing. (FR-C86). Moscow. 2009. pp. 2198-2203.
2. Makatchev M. (et al.) Abductive Theorem Proving for Analyzing Student Explanations to Guide FeedBack in Intelligent Tutoring Systems / M. Makatchev, P. W. Jordan, K.VanLehn // Journal of Automated Reasoning. 2004. Vol 32, № 3. pp 187-126.
3. Koedinger K. R. Cognitive tutors: Technology bringing learning sciences to the classroom / K.R. Koedinger, A.T.Corbett // The Cambridge handbook of the learning sciences. NY: Cambridge University Press. 2006. pp 137.
4. Sympy Development Team. SymPy: Python library for symbolic mathematics [Электронный ресурс] // URL: <http://www.sympy.org> (Дата обращения: 06.10.2012)
5. VanLehn K. (et al.) The Andes Physics Tutoring System: Lessons Learned / K. VanLehn, C. Lynch, K. Schulze, J. A. Shapiro, R. Shelby, L. Taylor, D. Treacy, A. Weinstein, M.

Wintersgill // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2005. Vol 15, № 3. pp 147-204.

6. J.A. Shapiro. An Algebra Subsystem for Diagnosing Students' Input in a Physics Tutoring System / Shapiro J.A. // International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED), 2005. № 15. pp. 205-228

7. Melis E. ActiveMath: An Intelligent Tutoring System for Mathematics / E.Melis, J.Siekmann // Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAISC 2004. Springer Berlin Heidelberg, 2004. Vol. 3070. pp. 91-101.

8. Bradford R. (et al.) A Comparison of Equality in Computer Algebra and Correctness in Mathematical Pedagogy / R. Bradford, J.H. Davenport, C. Sangwin // International Journal for Technology in Mathematics Education, 2009. Vol.16, № 1.

9. Рассел С. Искусственный интеллект. Современный подход / С.Рассел, П.Норвиг // 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.: ил. 19

10. Robinson J.A. On Automatic Deduction // Rice University Studies, 50, 1964, p. 69-89.

11. Robinson J.A. A Machine-oriented Logic Based on the Resolution Principle // J. ACM, 12, 1965, p. 23-41.

12. Robinson J.A. The Generalized Resolution Principle. In: Machine Intelligence / D. Michie (ed.), 1968, 3, NY, American Elsevier, pp. 77-94.

13. Васильев С.Н. (и др.) Интеллектуальное управление динамическими системами / С.Н. Васильев, А.К. Жерлов, Е.А. Федосов, Б.Е. Федунцов // М.: Физико-математическая литература, 2000. 352 с.

14. Суконнова А.А. Автоматизация решения некоторого класса вычислительных задач / А.А.Суконнова // Материалы X Международной научно-технической конференции. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. 2009. 294 с.

15. Суконнова А.А. Алгоритмизация тестирования компьютерных программ, создаваемых студентом / А.А.Суконнова // Современные технологии и материалы – ключевое звено в возрождении отечественного авиастроения: Сборник докладов международной научно-практической конференции. Т. IV. Казань: Изд-во «Вертолет». 2010. 480 с.

16. Vassilyev S.N. Machine Synthesis of Mathematical Theorems. - J. of Logic Programming, 1990, v. 9, N 2 & 3, pp. 235-266.

17. McCarthy J. Parameterizing Models of Propositional Calculus Formulas [Электронный ресурс] / J. McCarthy (<http://www-formal.stanford.edu/jmc/parameterize/parameterize.html>).

18. Flach P.A. Towards the Inductive Logic Programming. - Proc. BENELEARN-91, Depart. of Social Science Informatics, Univ. of Amsterdam, 1991, pp. 88-96.

19. Kowalski R.A. Computational Logic in an Object-Oriented World / In: Reasoning, Action and Interaction in AI Theories and Systems – Festschrift in Honor of Luigia Carlucci Aiello (eds. O. Stock, M. Schaerf), Springer Verlag, LNAI, 2006.

20. Васильев С.Н. Метод синтеза условий выводимости хорновских и некоторых других формул / С. Н. Васильев // Сиб. мат. журн. 1997. Т. 38. № 5. С.1034-1046.

Особенности организации регрессионного тестирования компиляторов на вычислительных комплексах серий «Эльбрус-3т» и «МЦСТ-R»

Введение

При разработке программного обеспечения (ПО) особое внимание традиционно уделяется вопросам обеспечения качества. Наиболее важными аспектами качества являются надежность продукта и его эффективность. Достичь высоких показателей надежности и эффективности можно в результате комплексных мер, направленных на улучшение упомянутых качественных характеристик и проводимых в течение всего жизненного цикла разработки ПО [1]. Одной из таких мер является комплексное регрессионное тестирование продукта, т.е. проверка качества продукта, проводимая после функционального усовершенствования или после исправления исходных текстов последнего.

Для обеспечения качества системы программирования (СП) для вычислительных комплексов (ВК) серий «Эльбрус-3т», «МЦСТ-R» в первую очередь была разработана и реализована система оперативного тестирования компиляторов. Основной задачей этой системы является проверка качества кода компиляторов на минимально допустимом наборе тестов перед внесением каких-либо изменений в архив проекта. Для более тщательного контроля параллельно с разработкой системы оперативного тестирования было организовано ночное регрессионное тестирование. Данное тестирование запускается ежедневно и осуществляет проверку показателей надежности и производительности компиляторов на существенно более широком спектре задач. На основании результатов данных запусков в случае выявления каких-либо ошибок и дефектов формируются конкретные предложения по улучшению надежности и эффективности разрабатываемых компонент, которые направляются разработчикам [2].

Существенным моментом является то, что данные проверки компиляторов осуществляются исключительно с помощью моделирующих систем для ВК серий «Эльбрус-3т» и «МЦСТ-R». С одной стороны, конечно, это позволило начать отладку СП задолго до появления первых ВК. С другой стороны моделирующий комплекс в 10-100 раз медленнее ВК, что делает его непригодным для проверки кода компиляторов на сложных тестовых примерах, т.е. задачах, исполнение которых превышает 100 млрд. тактов процессорного времени. После того как был достигнут определенный уровень надежности СП на классе простых тестов, встал вопрос об усилении проверок (переходе на сложные задачи) и уже начале этапа отладки компилятора на существующих ВК серий «Эльбрус-3т» и

«МЦСТ-R». Таким образом, стала необходимым организация полноценной среды поддержки регрессионного тестирования на вычислительных машинах упомянутых серий архитектур.

Характеристики программных и вычислительных комплексов

Приведем основные характеристики программного комплекса. Итак, разрабатываемое ПО включает в себя:

- семейство компиляторов с языков C/C++, FORTRAN, GNU C/C++ для аппаратных платформ «МЦСТ-R» и «Эльбрус-3m».
- систему статической и динамической трансляции кодов с платформы x86 в e3m
- компоненты поддержки (библиотеки, линковщики, отладчики, ассемблер, дисассемблер)

Общее количество разрабатываемых компиляторов насчитывает более 50 штук вместе с технологическими. Основное развитие компонент СП идет в главной ветви проекта (стволе). Помимо ствола ведется поддержка 1-2 активных веток проекта (будущих версий продукта). На проекте работает несколько десятков программистов, так что количество вносимых изменений в одну ветку в неделю может достигать сотен, а количество запусков тестовых пакетов более 1500. Объем же самой тестовой базы на данный момент составляет около 100Гб, из них имеется порядка десятка пакетов сложных тестовых задач. Среднее время прохождения одного из таких пакетов составляет более 15 часов.

Что же касается вычислительных ресурсов, то тут на вооружении отдела имеется парк x86-серверов, около десятка вычислительных комплексов серии «Эльбрус-3m» и несколько ВК серии «МЦСТ-R». Все ВК находятся в коллективном пользовании, так что время прохождения пакета может существенно увеличиваться при интенсивной работе сотрудников. Также в силу проведения разного рода отладочных работ на машинах возможны различного рода сбои в работе операционных систем на ВК, а также их зависания.

Таким образом, очевидными требованиями к системе регрессионного тестирования компиляторов на пакетах сложных задач являлись, прежде всего, организация доступа на ВК для проверки качества и производительности компиляторов, устойчивость к сбоям работы машин, организация единых средств запуска пакетов сложных задач с нетривиальными схемами сборки и проверки на исполнение последних. В силу постоянного развития комплекса компиляторов и частой смене требований к тестовой базе, а также режимам проверки от системы требуются адаптируемость и масштабируемость. Для мониторинга состояния проекта нужно обеспечить надежную систему хранения и визуализации результатов данного тестирования.

Особенности архитектуры системы. Функциональная модель ядра

Особенностями архитектуры системы является разбиение на два независимых фреймворка: платформу распределенного запуска, платформу анализа результатов (см. рис. 1). Подобная схема была применена исследовательской группой факультета математики и физики Чарльзского университета на проекте по разработке универсального средства автоматизации анализа производительности «BEEN» [3]. Такое разбиение информационной системы (ИС) позволяет проводить независимое проектирование и разработку каждой платформы, а также обеспечивает вертикальную масштабируемость всей системы. Интегрирующим звеном в схеме выступает основной функциональный элемент - ядро системы, связывающее воедино два фреймворка посредством предоставляемых ими интерфейсов. Конфигурирование работы ядра и составление расписаний запусков осуществляется соответствующими компонентами подсистемы управления. Взаимодействие между последней и ядром системы осуществляется посредством клиент-серверной технологии, где роль мультипроцессного сервера отдана ядру системы. Оно, взаимодействуя с менеджером планирования запусков, принимает от последнего заявки на тестирование, обрабатывает их и складывает в общий пул, из которого другой процесс ядра поочередно их извлекает, формирует соответствующие задания для проверки и передает их планировщику задач платформы распределенного тестирования.

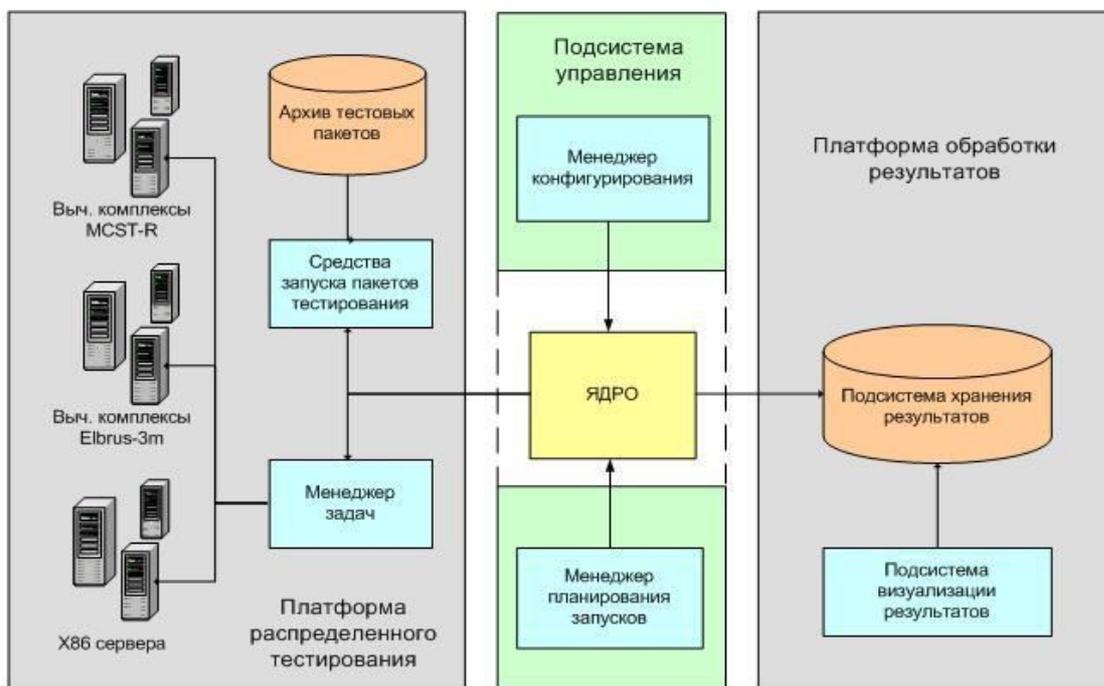


Рис. 1. Архитектурная модель системы

По окончании всех проверок ядро системы передает всю информацию по тестированию подсистеме хранения для обработки результатов и занесения их в базу данных, после чего ее можно извлечь и проанализировать с помощью подсистемы визуализации. Одной из

ключевых особенностей ядра системы является его мультипроцессность, т.е. способность одновременно обрабатывать сразу несколько заявок. Это значительно ускоряет работу системы, позволяя максимально эффективно использовать имеющиеся вычислительные ресурсы. Более того, архитектурное решение – использовать ядро как интегрирующий компонент между двумя фреймворками позволило существенно упростить его собственный функционал, тем самым придавая системе требуемую гибкость, масштабируемость и надежность.

Что касается самих платформ, то они в свою очередь имеют компонентно-ориентированную архитектуру, что, прежде всего, облегчает процессы их разработки и сопровождения. Основные компоненты фреймворков также приведены на рис. 1 Их подробное описание будет представлено в следующих главах статьи.

Платформа распределенного тестирования

Основной задачей платформы распределенного тестирования является обеспечение поддержки процессов тестирования компиляторов для различных архитектур в распределенной вычислительной среде (GRID-среде). Основными компонентами фреймворка являются: комплекс x86-серверов, ВК серии «Эльбрус-3м», ВК серии «МЦСТ-R», менеджер задач, средства запуска пакетов тестирования и архив тестовых программ. Последние два элемента в совокупности образуют так называемое тестовое окружение (tests environment) [4], т.е. программный комплекс позволяющий эффективно запускать на вычислительных машинах пакеты тестовых задач для проверки качества компиляции. Рассмотрим подробнее этот комплекс.

Тестовое окружение системы

Архив тестовых пакетов представляет из себя структурированное хранилище исходных текстов сложных задач, а также базу данных x86-кодов для проверки бинарных компиляторов. Особенность этих тестов в том, что они являются реальными пользовательскими приложениями, поэтому имеют нетривиальные схемы сборки, запуска сгенерированного бинарного файла, а также анализа результатов их работы. Все это отражается и на временной характеристике работы тестового окружения. Таким образом, основными требованиями к средствам запуска пакетов являются: надежность процесса, протоколирование получаемых результатов с возможностью восстановления процесса с контрольной точки, а также оперативность решения текущих задач по сопровождению.

Структура этой компоненты в свою очередь имеет сервис-ориентированную архитектуру [5], разделенную на модули по их непосредственному назначению. Основные модули подсистемы:

- *модуль режима запуска* выбирает тестируемую компоненту, основные опции запуска, подгружает список модулей соответствующих пакетов тестовых задач, задает порядок действий для проверки пакетов;
- *модуль пакета задач* определяет основную функциональность

- действий для проверки компиляторов на задачах пакета;
- *модуль входных данных* реализует механизмы запуска задачи, анализа результатов исполнения;
- *модуль результатов* собирает и обрабатывает показатели производительности компилятора;
- *модуль отчетов* генерирует различные отчеты по результатам запусков;
- *модуль контрольной точки* реализует механизм восстановления запуска тестирования пакета с контрольной отметки в случае сбоя работы вычислительного комплекса;
- *модуль ресурсных ограничений* предоставляет удобный интерфейс работы с ресурсными лимитами.

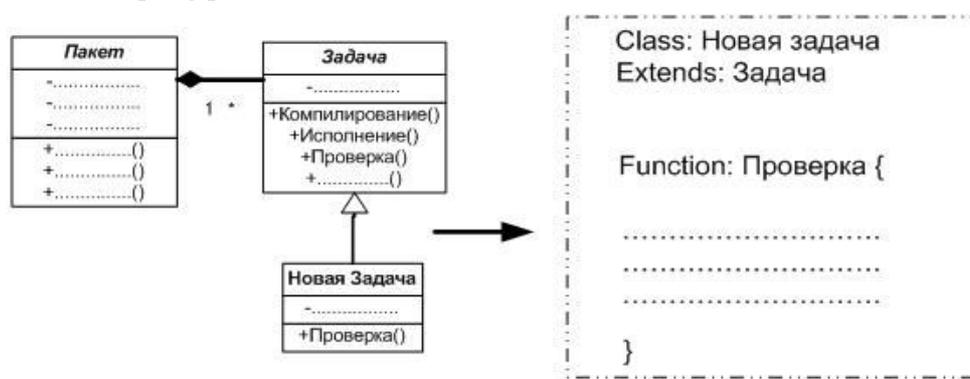


Рис. 2. Конфигурационный модуль

Особенностями функциональной модели средств запуска является использование объектно-ориентированного подхода к проектированию всех перечисленных модулей. Базовые принципы ООП, такие как наследование и полиморфизм, позволяют эффективно решать вопросы включения новых пакетов тестирования, корректировать составы опций запуска, формировать отчеты, тем самым облегчая сопровождение системы. На рис. 2 приведен пример, демонстрирующий простоту включения в систему нового пакета задач со сложной схемой проверки результатов работы. Таким образом, в данном случае для адаптации пакета достаточно всего лишь написать конфигурационный модуль, переопределяющий поведение функции анализа результатов работы («проверка»). Ключевым с точки зрения предъявляемых к компоненте системы требований является модуль контрольной точки, состоящий из целой иерархии классов, обеспечивающих возможность протоколирования всех этапов проверки задач любого тестового пакета [6]. Таким образом можно возобновлять прерванное тестирование с момента последнего действия.

Подсистема GRID

Входящие в платформу сервера и ВК в совокупности с менеджером задач образуют так называемую GRID-среду исполнения, т.е. подсистему

распределенного тестирования, эффективно управляющую всеми имеющимися вычислительными мощностями. Архитектура подсистемы такова: один из x86-серверов, на котором работает ядро системы, выступает в роли управляющего узла (мастер хост), оставшиеся вычислительные машины – подчиненные узлы (сабмит хост). Управление подчиненными узлами осуществляется посредством программного менеджера задач, запущенного на управляющем узле и взаимодействующего с ядром системы. Последнее направляет в GRID-среде задания по компиляции тестов и исполнению их, выполнению каких-либо действий по проверке результатов, профилированию приложений и т.д. Программный менеджер задач изначально помещает все заявки в общую очередь. Затем, по мере наличия запрашиваемых вычислительных ресурсов, извлекает из этого пула задачу и передает ее требуемой вычислительной машине для выполнения необходимых операций. Запрос вычислительного ресурса может содержать требования как к аппаратным характеристикам машины, так и пользовательским атрибутам (т.е. программно накладываемые свойства на ВК с целью их дополнительной градации) [7]. Одним из таких атрибутов подчиненного узла является число слотов, т.е. максимально возможное количество процессов, запущенных одновременно мастер хостом на данной машине. Такая градация вычислительных ресурсов обусловлена прежде всего количеством тестовых проверок, а также их характером. Так проверка бинарных компиляторов должна производиться на машинах с установленными в штатных каталогах бинарными компонентами, ряд режимов тестирования компилятора на производительность должен выполняться на выделенной машине для корректного снятия количественных характеристик эффективности целевого кода, а запуски на проверку надежности – на машинах с фиксированной, отлаженной версией ядра.

Эффективность дистрибуции потока задач на вычислительные ресурсы обусловлена, прежде всего, многоуровневой схемой планирования, а также грамотно составленным менеджером распределения запусков расписанием старта проверок компиляторов на основе ранее уже полученных результатов тестирования, составлении критических участков работы системы регрессионного контроля и т.д.

Помимо задачи планирования также ключевой является задача обеспечения отказоустойчивости подсистемы GRID, т.е. исключение возможности потери или получения недостоверной информации о результатах запусков. С учетом озвученных во втором разделе статьи трудностей в работе с ВК, решение данной проблемы имеет даже более важное значение в сравнении с вопросами эффективного планирования. Для этой цели в программной компоненте заведен отдельный модуль, предоставляющий удобный интерфейс для мониторинга состояния вычислительных ресурсов и вычислительных задач в GRID-среде. Таким

образом, менеджером для каждой задачи запускается дополнительный сторожевой процесс для мониторинга состояния вычислительной машины, на которой запущен основной процесс, на протяжении всего времени работы последнего. В случае выхода из строя какого-либо ВК, сторожевой процесс перебросит задачу на другой сервер, удовлетворяющий тем же требованиям, что и зависшая машина. В противном случае, данная задача возвращается обратно в общий пул, уведомляя об этом администратора системы. После же возврата в GRID-среду требуемой машины, «замороженная» задача, благодаря функциональным особенностям тестового окружения, возобновляет свое выполнение с того самого действия, на котором завис ВК.

Таким образом, платформа распределенного тестирования позволяет эффективно производить запуски пакетов сложных задач в целях регрессионного контроля качества разрабатываемых компиляторов. Дальнейший анализ и сохранение полученной информации осуществляется уже платформой обработки результатов, речь о которой пойдет в следующем разделе.

Платформа обработки результатов

Для того чтобы отслеживать состояние проекта, динамику изменения качественных характеристик компонент СП требуется обеспечить хранение всех получаемых результатов, а также их визуализацию. Скорость обработки результатов, удобство просмотра, а также адаптируемость системы – вот основные требования к рассматриваемому фреймворку. Причем первый вопрос со временем станет весьма критичным, так как объем информации в системе будет неуклонно расти от запуска к запуску. В силу этого замечания, от подсистемы хранения, прежде всего, требуется ускорение процесса предоставления информации.

Одним из решений данного вопроса стало использование базы данных (БД), а также грамотное проектирование структуры ее объектов. Последнее должно производиться, прежде всего, исходя из запросов подсистемы визуализации. На основе этих запросов строятся индексные таблицы для оптимизации механизма извлечения данных. Данное решение позволяет в несколько раз ускорить запросы.

Другим решением вопроса быстрого предоставления информации, стало использование сервиса кэширования данных в оперативной памяти (кэш-сервер) для хранения последних актуальных результатов. Таким образом, при обновлении информации в БД ядро системы дублирует ее в кэш-сервере. Скорость работы с таким хранилищем (кэш-сервер) на порядок больше скорости работы с базой данных. Так что при загрузке актуальной информации считывание идет с кэш-сервера. Если сервис по каким-либо причинам недоступен, то запрос направляется в БД. Работа с этими хранилищами данных скрыта в явном виде от пользователя. Ее осуществляют функции одного из модулей компоненты «Подсистема хранения результатов».

Что касается подсистемы визуализации информации, то ключевыми для нее являются требования адаптируемости, а также удобства просмотра. Подсистема имеет архитектуру веб-сервисов, основными из которых являются:

- актуальные результаты
- страница подробной информации по режиму запуска
- страница подробной информации по тесту
- сравнение результатов
- информация по серверам и ВК

Результаты тестирования зад Spec95, rel-i-1, 12802

Задача: 124.m88ksim

Тест	124.m88ksim
Тэг компилятора	icc:1.A.XX:Oct-linux.cross:138
Статус	ok
Производительность	669
Предыдущий результат	685
Лучший результат	1139 (20.08.12)
Значение SPEC_REF	1900
Начало компиляции	21:11:22 07-10
Окончание компиляции	21:11:32 07-10
Начало исполнения	16:00:00 08-10
Окончание исполнения	16:04:45 08-10

Режимы	Ветвь: rel-i-1																																				
	Последний запуск: 2012-10-09 ID заявки в базе данных: 1358 [ОБНОВЛЕНО]																																				
12802	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ТЕСТ</th> <th>РЕЗУЛЬТАТ</th> <th>ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т</th> <th>ИСП</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>099.gcc</td> <td>EF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>124.m88ksim</td> <td>669</td> <td>1139 (20.08.12)</td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>126.gcc</td> <td>CF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>129.compress</td> <td>EF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>132.jpeg</td> <td>EF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>134.perl</td> <td>EF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>147.vortex</td> <td>CF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> <tr> <td>всего: 7, ок: 1 (1)</td> <td>669 (с.г.)</td> <td>1139 (с.г. - не-лучш.)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ТЕСТ	РЕЗУЛЬТАТ	ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т	ИСП	099.gcc	EF		g-e5	124.m88ksim	669	1139 (20.08.12)	g-e5	126.gcc	CF		g-e5	129.compress	EF		g-e5	132.jpeg	EF		g-e5	134.perl	EF		g-e5	147.vortex	CF		g-e5	всего: 7, ок: 1 (1)	669 (с.г.)	1139 (с.г. - не-лучш.)	
ТЕСТ	РЕЗУЛЬТАТ	ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т	ИСП																																		
099.gcc	EF		g-e5																																		
124.m88ksim	669	1139 (20.08.12)	g-e5																																		
126.gcc	CF		g-e5																																		
129.compress	EF		g-e5																																		
132.jpeg	EF		g-e5																																		
134.perl	EF		g-e5																																		
147.vortex	CF		g-e5																																		
всего: 7, ок: 1 (1)	669 (с.г.)	1139 (с.г. - не-лучш.)																																			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ТЕСТ</th> <th>РЕЗУЛЬТАТ</th> <th>ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т</th> <th>ИСП</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>099.gcc</td> <td>EF</td> <td></td> <td>g-e5</td> </tr> </tbody> </table>	ТЕСТ	РЕЗУЛЬТАТ	ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т	ИСП	099.gcc	EF		g-e5																												
ТЕСТ	РЕЗУЛЬТАТ	ЛУЧШИЙ РЕЗ-Т	ИСП																																		
099.gcc	EF		g-e5																																		

Рис. 3. Подсистема визуализации

Каждый сервис представляет из себя отдельный, законченный программный модуль с удобным интерфейсом и шаблоном для отображения соответствующей web-страницы. Модуль «актуальные результаты» включает в себя описание сразу нескольких классов объектов для отображения результатов регрессионного тестирования в разных форматах (соответствуют различным пакетам задач, режимам запуска). Вспомогательный модуль «Меню» отображает все активные вкладки результатов и сервисов, указывает на обновление информации о завершении очередного тестирования.

Таким образом, требования удобства и адаптируемости платформы обработки результатов обеспечиваются, прежде всего, архитектурой подсистемы и функционалом перечисленных программных модулей.

Внешний вид подсистемы визуализации приведен на рис. 3.

Реализация и внедрение системы

На основе проектных решений всех функциональных модулей системы была выполнена их программная реализация на языке Perl. Выбор данного инструментария обусловлен:

- размером кода и усилия на разработку требуемых задач

- поддержкой ООП
- наличие высокоуровневых интерфейсов для работы с СУБД
- удобством обработки файлов, строк, фильтрации данных и механизмов шаблонного поиска
- наличие механизмов управление процессами и потоками
- удобство разработки WEB-приложений
- поддержкой языком таких технологий, как SOAP, Memcached, Templates, FastCGI

В качестве СУБД для хранения результатов регрессионного тестирования взята MySQL в силу ее производительности, простоты и доступности кодов.

Внедрение системы состоялось в 2009 году. За это время с помощью данной системы удалось отладить 3 новые версии систем программирования, выявлено порядка 500 нетривиальных ошибок. Объем запусков тестирования на ВК в настоящий момент составляет более 1000 сложных задач, что соответствует более чем 1500 часов работы всех ВК в неделю.

Заключение

В статье рассмотрены вопросы организации системы регрессионного тестирования компиляторов на вычислительных комплексах серий «Эльбрус-3м» и «МЦСТ-R». В начале изложено архитектурное решение всей системы. Далее освещены функциональные модели всех компонент системы. В конце приведены сведения о программной реализации продукта.

Внедрение системы регрессионного тестирования продемонстрировало ее эффективность и указало на перспективность дальнейшего развития этого проекта, где, прежде всего, интерес представляют разработка модуля анализа результатов и формирования различных статистических отчетов, а также развитие подсистемы составления расписаний запусков и средств поддержки распределенного тестирования.

Литература

1. Ф. Брукс. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы. СПб.: Символ-Плюс, 2001.
2. А.А. Лаврешников, Р.Ю. Рогов, Л.Г. Тарасенко. Система поддержки процесса разработки и выпуска версий программного комплекса. //Ж. «Информационные технологии и вычислительные системы», РАН, ИМВС РАН, выпуск 3, 2004.
3. Tomas Kalibera, Jakub Lehotsky, David Majda, Branislav Repsek. Automated Benchmarking and Analysis Tool, 2006 (<http://www.acm.org>).
4. T. Kalibera, L. Bulej, and P. Tuma. Generic environment for full automation of benchmarking SOQUA/TECOS, volume 58 of LNI. GI, 2004.
5. Канер С., Фолк Дж., Нгуен Енг. Тестирование программного обеспечения, К: ДиаСофт, 2000
6. Винниченко И. Автоматизация процессов тестирования, Винниченко И., 2005.
7. Sun Grid Engine 5.3 Administration and User's Guide, Sun Microsystems Inc., 2002 Rev.

Давлеткиреева Л.З.,

ФГБОУ «Магнитогорский государственный университет» к.п.н., доц.,
ldavletkireeva@masu-inform.ru

Чусавитина Г.Н.

ФГБОУ «Магнитогорский государственный университет», к.п.н., проф.
gchusavitina@masu-inform.ru

Анализ и установление уровня зрелости информационной инфраструктуры организации для управления непрерывностью бизнеса

Совершенствование бизнеса компании, а значит постоянное решение стратегических и тактических задач становится возможным при условии хорошо отлаженного управления, которое, в свою очередь, во многом определяется уровнем использования стремительно развивающихся информационных технологий (ИТ). Понимание значимости и владение результатами применения ИТ в бизнесе позволят руководству по конкретной компании принимать эффективные управленческие решения, последовательная реализация которых на практике будет способствовать развитию бизнеса компании в целом, достижению бизнес-целей предприятий и созданию новых конкурентных преимуществ в рамках управления непрерывностью бизнеса.

Сегодня в разных странах появилось новое поколение стандартов в области управления непрерывностью бизнеса, описывающих лучшие практики восстановления инфраструктуры компании в чрезвычайных ситуациях. Сервисный подход к управлению ИС-службой требует определенной зрелости как для самой ИС-службы, так и для бизнес-заказчиков. ИТ уже способствуют решению большинства бизнес-задач компаний: обработке больших взаимосвязанных массивов данных, автоматизации рутинных операций и повышению эффективности взаимодействия между сотрудниками. Однако сегодня происходят качественные изменения роли ИТ, состоящие в том, что современные информационные технологии способны внести реальный, измеримый вклад в развитие бизнеса, трансформировать саму систему управления бизнесом и создать основу для развития новых видов деятельности. Осваивая обработку все более высоких уровней информации, непосредственно востребованной топ-менеджерами, современные ИТ сближаются с бизнесом и выступают единым фронтом с различными аспектами ведения бизнеса.

Современную компанию сегодня сложно представить без информационных систем, баз данных, средств хранения, и т.д., всего того

что можно описать словосочетание информационные технологии. И не важно, на каком уровне зрелости находится компания, и как она воспринимает информационные технологии: как классический набор лоскутных систем, как систему класса - ERP, как единое информационное пространство, как набор сервисов и услуг. Всем понятна зависимость бизнеса от используемых технологий. А раз есть зависимость, соответственно есть и риски, связанные с тем, что в нужное время компания не получит ожидаемого уровня сервисов, или говоря проще, не сможет обрабатывать (получать, хранить, предоставлять) информацию.

Работа по обеспечению непрерывности бизнеса подкрепляется лучшими практиками и стандартами:

1. BS 25777 (IT Service Continuity Management)
2. BCI (The Business Continuity Institute),
3. BS 25999 (Business Continuity Management)
4. ISO/IEC 27001:2005(ISO/IEC 17799:2005),
5. CobiT (Control Objectives for Information and related Technology),
6. NIST (National Institute of Standards and Technology),
7. Contingency Planning Guide for Information Technology (IT) Systems.

Знание и умение использовать на практике стандарты и практики BCM (Business Continuity Management) необходимы сегодня любым предприятиям — убытки, вызванные нарушением нормального функционирования бизнес-процессов постоянно растут. Вместе с тем изолированное решение вопросов обеспечения непрерывности бизнеса, без учета накопленного опыта, системы сертификации и аудита может дать лишь незначительный эффект. Пришло время и для BCM, по аналогии с ITIL и CoBIT, ввести в соответствующие проекты практику следования общепризнанным стандартам.

Корпоративная программа управления непрерывностью бизнеса (Business Continuity Management, BCM) должна включать в себя следующие этапы:

- анализ бизнес-процессов предметной области (Business Environment Analysis, BEA) — выделение и ранжирование значимых для бизнеса процессов и определение требований к ним по непрерывности;
- анализ рисков (Risk Analysis, RA) — оценка и ранжирование значимых угроз и уязвимостей непрерывности бизнес-процессов, а также оценка достаточности существующих организационных и технических мер предупреждения прерываний бизнеса;
- оценка воздействия на бизнес (Business Impact Analysis, BIA) — анализ влияния бизнес-процессов на весь бизнес в целом и определение целей восстановления каждого бизнес-процесса вместе с поддерживающей его инфраструктурой;
- определение стратегии непрерывности бизнеса (Business Continuity Strategy definition) — фиксация целевого времени восстановления

(recovery time objective, RTO) и целевой точки восстановления (recovery point objective, RPO) для каждого бизнес-процесса, выбор соответствующих организационных и технических решений;

- разработка и сопровождение планов непрерывности бизнеса (Business Continuity Plan, BCP) и восстановления инфраструктуры в чрезвычайных ситуациях (Disaster Recovery Plan, DRP) для документального оформления надлежащих решений;
- создание технической и организационной систем управления непрерывностью бизнеса;
- формирование адекватной программы сопровождения и эксплуатации корпоративной программы BCM, в частности, определение программы осведомленности по вопросам обеспечения непрерывности бизнеса.
- В том или ином виде все эти этапы описываются в стандартах BCM, принятых в различных странах: практики непрерывности бизнеса британского института BCI (Business Continuity Institute), американских институтов DRI (Disaster Recovery Institute) и SANS (SysAdmin, Audit, Network, Security Institute); стандарты и спецификации Британского института стандартов (British Standard Institute, BSI); руководства Австралийского национального агентства аудита (ANAO); раздел международного стандарта по информационной безопасности ISO/IEC 27001; стандарты и библиотеки COBIT, ITIL, MOF в части непрерывности бизнеса и др.

Наиболее известным стандартом в области BCM является стандарт BS25999, разработанный BSI. Стандарт опубликован в двух частях: «Кодекс лучших практик, BS25999-1:2006. Code of Practice» и «Спецификации системы BCM, BS25999-2:2007. Specification». Первая часть BS25999-1:2006. Code of Practice содержит общие рекомендации по управлению непрерывностью бизнеса в государственных и коммерческих организациях. Под BCM понимается системный процесс оценки текущего уровня зрелости компании в области непрерывности бизнеса и его приведение к более зрелому уровню в соответствии с целями и задачами бизнеса. К основным целям управления непрерывностью бизнеса относятся:

- сохранение стабильного функционирования компании в чрезвычайных ситуациях в течение продолжительного промежутка времени;
- защита репутации и имиджа компании в чрезвычайных ситуациях путем надлежащего использования соответствующих организационных и технических решений;
- совершенствование способности компании сохранять свое стабильное функционирование в чрезвычайных ситуациях.

Вторая часть BS25999-2:2007. Specification содержит сертификационные требования к системе управления непрерывностью

бизнеса и позволяет провести аудит системы ВСМ организации на соответствие рекомендациям и требованиям первой части стандарта. Использование требований второй части обеспечивает возможность оценки существующей системы управления непрерывностью бизнеса организации и построения и внедрения комплексной системы ВСМ.

В стандарте BS 25999 описываются шесть основных этапов жизненного цикла ВСМ.

1. Программа управления непрерывностью бизнеса. На этом этапе рассматриваются вопросы политики ВСМ, включая заявление руководства об актуальности ВСМ, определение области действия ВСМ, основных целей и задач программы. Распределяются права и обязанности, продумывается реализация информирования по вопросам ВСМ. Также на этом этапе определяется, как программа ВСМ будет поддерживаться в актуальном состоянии, как будут проходить регулярный анализ воздействия на бизнес компании и поддержка в актуальном состоянии документации, а также осуществляться мониторинг эффективности программы, управление затратами на программу и т. д.

2. Анализ требований к программе ВСМ. На этом этапе дается краткая характеристика деятельности организации, проводится оценка воздействия на бизнес, оценка существующих угроз, таких как воздействие на персонал и на инфраструктуру, потеря репутации, нарушение финансовой устойчивости, снижение качества продуктов или услуг, причинение ущерба окружающей среде и пр. Оцениваются ресурсы, необходимые для ВСМ, включая персонал, денежные ресурсы, технологии и т. д., а также проводится всесторонняя оценка рисков.

3. Определение стратегии ВСМ. Определяются исходные данные программы, такие как максимально допустимое прерывание бизнеса в чрезвычайных ситуациях и затраты, необходимые на возобновление бизнеса. Рассматриваются вопросы организации обучения и повышения квалификации персонала и управления знаниями. Стратегия детально рассматривает действия в отношении помещений, технологий, информационных активов (защита электронных данных, безопасность отчуждаемых носителей информации, доступность аппаратно-программных активов), контрагентов и партнеров, а также взаимодействие со специальными ведомствами и организациями — правоохранительными органами, федеральной службой безопасности, службами экологической безопасности и др. На этом этапе руководство должно утвердить политику и стратегию ВСМ.

4. Разработка и реализация планов ВСМ. Формируются план реагирования на инциденты (Incident Management Plan, IMP) и план непрерывности бизнеса (Business Continuity Plan, BCP).

5. Поддержка и сопровождение программы ВСМ. Реализуются программа осведомленности и обучение по ВСМ, осуществляются поддержка программы ВСМ, включая оценку степени готовности

ответственных лиц, анализ результатов мониторинга и контроля рисков и документирование изменений программы ВСМ, а также проводится оценка ее эффективности. Оценка эффективности подразумевает анализ адекватности определения целей и задач программы ВСМ в соответствии с потребностями бизнеса, подтверждение компетенции и готовности к действиям в чрезвычайных ситуациях, анализ адекватности стратегии и планов обеспечения непрерывности бизнеса и др.

6. Формирование культуры ВСМ в организации. На последнем этапе жизненного цикла ВСМ рекомендуется обратить внимание на такие вопросы, как развитие лидерских качеств руководства организации, распределение обязанностей, эффективность программы осведомленности и т. д.

Прежде чем заняться управлением непрерывностью бизнеса, любое предприятие обязательно должно выйти на определенный уровень зрелости. К моменту начала таких работ нужно хорошо понимать, что такое риск, и говорить в компании на языке рисков. Если организация еще находится в стадии стремительного роста и ее руководители больше думают о выручке, чем о рисках, зачастую действуя без оглядки, то заниматься ВСМ здесь еще рано. Вы не сможете объяснить менеджерам такого бизнеса, зачем вкладывать средства в управление рисками и защиту инвестиций. Все ваши рассуждения о выявлении зависимостей и оценке рисков натолкнутся на то, что правление компании будет готово принять любой риск, лишь бы не инвестировать мер по его снижению, не приносящих компании прибыль. Нужно, чтобы руководители пришли к пониманию, что вести бизнес, игнорируя эти вопросы, непрофессионально. Решение о начале работ по ВСМ должно принимать именно высшее руководство, потому что управление непрерывностью касается любых бизнес-процессов, происходящих в организации.

В литературе прописаны различные направления и методики определения уровней зрелости компании:

1. Уровень технологической зрелости компании. Определение уровня технологической зрелости компаний позволяет выяснить насколько последовательна компания в следовании общим повторяющимся процессам при выполнении своей работы. Нижний уровень шкалы описывает компании без повторяющихся процессов, где большая часть работы хаотична и сумбурна. Верхний уровень описывает компании, которые используют определенные и повторяющиеся процессы, собирают метрики для непрерывного улучшения своих процессов.

2. Уровень зрелости ИТ-инфраструктуры компании. Определение уровня зрелости ИТ-инфраструктуры компании помогает руководителям понять и впоследствии улучшить состояние ИТ-инфраструктуры, а также получить представление о том, каких затрат она требует, каков уровень ее безопасности и гибкости в эксплуатации.

3. Уровень зрелости компании в области применения ИТ.

Определение уровня зрелости компании в области применения ИТ позволяет определить степень автоматизации компании и рассматривать необходимость и готовность компании к разработке ИТ-стратегии.

4. Уровень зрелости системы развития и обучения персонала. Определение уровня зрелости системы развития и обучения персонала позволяет ответить на вопрос, насколько зрело и продуманно относится к процессу обучения руководство и сами сотрудники компании, а также выстроить систему обучения и развития персонала. Цель данной методики показать то, как меняются в компании процессы обучения, подготовки и переподготовки персонала.

Оценить уровень зрелости бизнес-процессов предприятия можно на основе модели зрелости процесса разработки ПО (Capability Maturity Model - CMM) Института программной инженерии при американском университете Карнеги-Меллон (Software Engineering Institute, SEI) [1], которая была разработана в 1991г. С течением времени было выпущено целое семейство моделей: SW-CMM - для программных продуктов, SE-CMM - для системной инженерии, Acquisition CMM - для закупок, People CMM - для управления людскими ресурсами, ICMM -для интеграции продуктов. В 2002 году SEI опубликовал новую модель CMMI (Capability Maturity Model Integration), объединяющую ранее выпущенные модели и учитывающую требования международных стандартов.

Базовым понятием модели CMM/CMMI считается зрелость компании. Незрелой называют компанию, где процесс конструирования ПО и принимаемые решения зависят только от таланта конкретных разработчиков. Результатом является высокий риск превышения бюджета или срыва сроков окончания проекта.

В зрелой компании работают ясные процедуры управления проектами и построения программных продуктов. По мере необходимости эти процедуры уточняются и развиваются. Оценки длительности и затрат разработки точны, основываются на накопленном опыте. Кроме того, в компании имеются и действуют корпоративные стандарты на процессы взаимодействия с заказчиком, процессы анализа, проектирования, программирования, тестирования и внедрения программных продуктов. Все это создает среду, обеспечивающую качественную разработку программного обеспечения.

В модели CMM/CMMI определены пять уровней зрелости предприятий: начальный; повторяемый; определенный; управляемый; оптимизирующий.

Начальный уровень (уровень 1) означает, что процесс на предприятии не формализован, отсутствует четкое планирование и контроль. Результаты деятельности предприятия во многом случайны. и сильно зависят от личных качеств отдельных сотрудников.

Повторяемый уровень (уровень 2) предполагает внедрение формальных процедур для выполнения основных элементов процесса

разработки ПО. Результаты выполнения процесса соответствуют заданным требованиям и стандартам. Основное отличие от уровня 1 состоит в том, что выполнение процесса планируется и контролируется. Применяемые средства планирования и управления дают возможность повторения ранее достигнутых успехов.

Определенный уровень (уровень 3) требует, чтобы все элементы процесса были определены, стандартизованы и задокументированы. Основное отличие от уровня 2 заключается в том, что элементы процесса уровня 3 планируются и управляются на основе единого стандарта предприятия. Качество разрабатываемого ПО уже не зависит от способностей отдельных личностей.

Управляемый уровень (уровень 4) на предприятии принимаются количественные показатели качества как программных продуктов, так и процесса. Это обеспечивает более точное планирование проекта и контроль качества его результатов. Основное отличие от уровня 3 состоит в более объективной, количественной оценке продукта и процесса.

Оптимизирующий уровень (уровень 5) подразумевает, что главной задачей компании становится постоянное улучшение и повышение эффективности существующих процессов, ввод новых технологий. Основное отличие от уровня 4 заключается в том, что технология создания и сопровождения программных продуктов планомерно и последовательно совершенствуется.

Каждый уровень СММ характеризуется областью ключевых процессов (ОКП), причем считается, что каждый последующий уровень включает в себя все характеристики предыдущих уровней.

По аналогии с понятием «уровень зрелости предприятия» используется понятие «уровень зрелости ИТ-инфраструктуры». Компания Gartner предлагает для оценки зрелости ИТ-службы использовать пять уровней: хаотичный; реактивный; проактивный; сервис; польза.

Хаотичный уровень характеризуется множественными службами поддержки, неразвитой службой эксплуатации.

При реактивном уровне зрелости проводится отслеживание событий, имеется единая консоль и служба поддержки, осуществляется управление топологией сети, выполняется резервное копирование и инвентаризация;

Проактивный уровень предусматривает управление производительностью, изменениями, проблемами, конфигурациями, доступностью. При этом должна обеспечиваться автоматизация управления ИС-службой и планирование заданий;

Уровень зрелости сервис обеспечивает планирование нагрузок и емкостей, управление уровнями обслуживания;

Уровень зрелости ИТ-службы польза предполагает обеспечение качества предоставления ИТ-сервисов посредством использования бизнес-метрик.

Эффективность информационных систем и их ИС-служб может по

разному оцениваться для различных предприятий. Данное обстоятельство влияет на подходы к повышению эффективности деятельности ИС-служб.

Компания IBM сформировала четыре профиля предприятий для оптимизации ИТ-инфраструктуры: commodity (товар); utility (ресурс); partner (партнер); enabler (поддержка).

В профиле commodity предприятие рассматривает ИТ-сервисы как свои основные инвестиции для автоматизации фундаментальных административных функций с минимальными расходами. При оптимизации ИТ-инфраструктуры в организациях с таким профилем основное внимание уделяется сокращению расходов.

Для профиля utility компании, изначально сфокусированные на расходах, но признающие важность построения отношений с клиентами. Для этих предприятий оптимизация ИТ-инфраструктуры служит средством исполнения соглашений об уровне сервиса, сокращения времени реагирования, готовности и других параметров, связанных с обслуживанием клиентов.

Профиль partner предполагает рассмотрение ИТ-инфраструктуры предприятия с точки зрения влияния на бизнес. Хотя сокращение расходов всегда актуально, основное внимание уделяется получению экономического эффекта от инвестиций в информационные технологии. В этих ситуациях бизнес-подразделения вместе с ИТ-службой работают над улучшением общего качества ИТ-сервиса и достижением конечных целей деятельности предприятия.

В компаниях данного профиля enabler ИТ-инфраструктура служит важным элементом стратегии развития бизнеса. ИТ-инициативы в них выступают основной движущей силой развития бизнеса и рассматриваются как необходимое условие конкурентоспособности.

В методологии компании Microsoft по оптимизации ИТ-инфраструктуры выделяют уровни зрелости ИТ-инфраструктуры предприятий.

Модель зрелости ИТ-инфраструктуры, разработанная Microsoft, включает четыре уровня: базовый; стандартизированный; рационализированный; динамический.

Базовый уровень зрелости ИТ-инфраструктуры характеризуется наличием большого количества процессов, выполняемых вручную, минимальной централизацией управления, отсутствием стандартов и политик безопасности, резервного копирования, управления образами систем. Руководство предприятия и ИС-службы слабо ориентируется в возможностях существующей ИТ-инфраструктуре и её потенциальных возможностях по повышению эффективности бизнеса. При этом расходы на управление ИТ-инфраструктурой высоки, так же высоки риски обеспечения качества предоставления ИТ-сервисов.

Предприятия с базовым уровнем зрелости ИТ-инфраструктуры могут повысить эффективность бизнеса при переходе на стандартизированный

уровень, за счет уменьшения расходов путем реализации следующих направлений:

- разработки стандартов и политик, а также стратегии их применения;
- снижения рисков, связанных с безопасностью, за счет создания эшелонированной обороны;
- автоматизации многих ручных и длительно выполняемых операций;
- внедрения передового опыта.

Стандартизированный уровень зрелости ИТ-инфраструктуры предполагает введение точек управления на базе стандартов и политик администрирования настольных компьютеров и серверов, определение правил подключения машин к сети, управление ресурсами на основе Active Directory, формирование политик безопасности и управления доступом. Предприятия с ИТ-инфраструктурой данного уровня зрелости достаточно эффективно могут управлять инцидентами, но упреждающие действия по разрешению проблем ещё не проводятся. Процессы управления изменениями разрешаются частично и осуществляется первоначальное формирование базы данных позиций конфигурации.

Повышение эффективности управления ИС службой предприятия возможно путем расширения уровня контроля над инфраструктурой, а также политикой безопасности для упреждающего реагирования на различные ситуации - от изменения рыночной конъюнктуры до стихийных бедствий.

На рационализированном уровне зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия затраты на управление настольными компьютерами, серверами и коммутационным оборудованием сетей сводятся к минимуму, а процессы поддержки и предоставления ИТ-сервисов начинают играть важную роль в поддержке и расширении бизнеса. При обеспечении информационной безопасности основное внимание уделяется профилактическим мерам, и на любые угрозы безопасности предприятие реагирует быстро и предсказуемо.

На предприятии применяется полностью автоматизированное развертывание, с минимальным участием операторов. Количество образов программных систем (images) минимально, и процесс управления настольными компьютерами минимизирован. ИС-служба поддерживает базу данных позиций конфигурации в исчерпывающей информацией.

Динамический уровень зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия предполагает понимание стратегической ценности для эффективного ведения бизнеса и получения конкурентных преимуществ. Данный уровень предполагает, что все расходы ИС-службы прозрачны и находятся под полным контролем, пользователям доступны необходимые в их работе данные, организована эффективная совместная работа на уровне как сотрудников, так и отделов, а мобильные пользователи получают практически тот же уровень обслуживания, что и в офисах.

Процессы поддержки и предоставления ИТ-сервисов автоматизированы. Это реализуется с помощью специализированных и встроенных в систему программных средств, что позволяет управлять информационными системами в соответствии с изменяющимися требованиями бизнеса. Инвестиции в информационные технологии дают быструю и заранее просчитываемую отдачу для бизнеса.

Для данного уровня зрелости ИТ-инфраструктуры предприятия характерно эффективное управление процессами поддержки и предоставления ИТ-сервисов и постоянная оптимизация уровней поддержки сервисов.

Предприятия с динамическим уровнем зрелости ИТ-инфраструктуры имеют возможность внедрять новые ИТ-технологии, необходимых для поступательного развития бизнеса, выигрыш от которых значительно перевешивает дополнительные расходы.

В 1995 году была опубликована первая версия стандарта People-CMM, описывающая в данной модели практики организационного развития и управления персоналом.

Главным понятием стандарта является зрелость организации. Незрелой считается организация, в которой процессы зависят только от конкретных исполнителей и менеджеров, и, чаще всего, решения принимаются спонтанно. В зрелой же организации имеются четко определенные процедуры управления, и что не менее важно, менеджеры организации берут всю ответственность за работу своего персонала и его профессиональную компетентность на себя. Стандарт состоит из критериев оценки зрелости организации и рецептов улучшения существующих процессов.

В настоящее время на базе People-CMM успешно проведены улучшения работы в таких компаниях как Boeng, Ericson, Lochid Martin, IBM, Novo Nordisk IT AS, Intel и ряде др.

1 уровень. Начальный (уровень непостоянного менеджмента).

Характерные признаки данного уровня:

1. Непостоянство в совершении рабочих практик
2. Расплывчатость ответственности
3. Ритуализированные практики, работа выполняется, потому что так принято, без должного осмысления, зачем это делать
4. Персонал эмоционально не вовлечен в работу.

На этом уровне менеджеры не занимаются оценкой работы персонала и ее улучшением.

Администрирование работы считается чем-то не очень важным. Подбор персонала полностью делегирован службе персонала, менеджеры им не занимаются. Линейные менеджеры не берут на себя всю полноту ответственности за управление людьми. Недостаточно подготовленные люди становятся незаменимыми. Менеджеры занимаются в большей степени развитием своих собственных способностей и навыков, нежели

развитием профессиональной компетентности сотрудников

2 уровень. Повторяемые практики.

При переходе на 2-уровень основная задача – воспитать у менеджеров понимание, что главный приоритет в их работе – это качество и дееспособность их рабочей силы. На этом уровне основной упор делается на следующие практики:

1. Комплектация персоналом.
2. Коммуникации.
3. Совершенствование управления.
4. Обеспечение ресурсами.
5. Развитие навыков персонала.
6. Адекватные компенсации.
7. Закрепление выше перечисленного в соответствующих регламентах и политиках.

Указанные практики составят твердый фундамент для всего последующего развития организации, без этой работы все последующие шаги будут бесполезны. На этом уровне менеджеры реально становятся ответственными за все, что происходит в их подразделениях. Проблемы, характерные для первого уровня теряют свою актуальность.

Трансляция и закрепление ответственности менеджеров осуществляется через политики организации и подсчет показателей подразделений. На менеджеров распространяется ответственность за набор персонала, оценку его работы, а также обратную связь персоналу по результатам работы. Уже первые шаги по внедрению второго уровня приводят к снижению текучки, сводя к минимуму одну из главных ее причин: плохие отношения с начальством. Однако данный уровень еще не обеспечивает высокой лояльности сотрудников. На этом уровне они все еще видят компанию как машину для достижения своих целей. На 2-м уровне еще нет постоянства и системности в применении практик управления персоналом.

Главная проблема 2 уровня заключается в том, что организация еще не может стандартизировать свои рабочие практики, потому что общие профессиональные знания и навыки, необходимые для эффективной работы, еще не определены.

3 уровень. Определенный (или уровень компетенций).

Главная цель этого уровня – развитие критически важных с точки зрения стратегии организации компетенций. Каждая компетенция должна стать элементом стройной архитектуры, определяемой стратегией компании и прописываемой в бизнес-планах. При чем общая архитектура компетенций прописывается для всех работ и бизнес-процессов в компании, независимо от того являются ли эти работы постоянными или сезонными и т.д. В рамках общей архитектуры компетенций формируются группы ключевых компетенций.

На 3-м уровне еще нет возможности осуществлять управление

процессами компании по конкретным показателям, тем не менее, уже сейчас организация адаптирует рабочие практики к нуждам бизнеса, фокусируя и мотивируя людей на овладение важнейшими для работы компетенциями.

Когда основные компетенции определены, наступает время обучения персонала соответствующим знаниям и профессиональным навыкам, а также развития имеющихся способностей. Технологически это может быть осуществлено следующим образом: проводится оценка на предмет недостатка в компетенциях, карьерный рост сотрудников напрямую привязывается к соответствию профессиональным компетенциям. Для того чтобы максимально использовать компетентных профессионалов в работе, организация также должна создать соответствующее окружение, которое будет вовлекать профессионалов в процесс принятия решений, обеспечить им свободный доступ ко всей необходимой информации. Развитие коммуникативных компетенций соответствует координации и интеграции рабочего процесса.

Для этого уровня зрелости компании оптимальной является партисипативная (участная) культура. Практики управления персоналом построенные на 2-м уровне теперь стандартизованы, закреплены и стимулируются к развитию через оценку компетенций.

4 уровень. Управляемый (Управление процессами и результатами).

На этом уровне через прописанные системы и процедуры организация устанавливает для своих бизнес-процессов конкретные рамки. Благодаря подготовленной предыдущими уровнями почве, появляется возможность управлять работой своих сотрудников на основании количественных результатов. Это может быть осуществлено благодаря тому, что, во-первых, компетентные люди осуществляют проверенные практики, во-вторых, руководство им доверяет. Это доверие побуждает менеджеров, в свою очередь, к развитию своих рабочих групп.

Поскольку все сотрудники становятся компетентными, делегирование становится обычной практикой. Разгрузившись, таким образом, от многих проблем операционного менеджмента, руководители становятся способны в большей степени заняться стратегией. При этом, когда сотрудники разовьют ключевые для работы компетенции, организация получает возможность интегрировать работу отдельных подразделений в единый мультидисциплинарный процесс (например, интеграция soft и hard в IT). В каждом подразделении или рабочей группе, совершенство работы начинает измеряться количественно. На этой стадии могут пригодиться использование таких систем как «Управление качеством» (TQM), «6 сигма» (Опыт компании «Моторола»), Система Нортон и Коплана BSC (KPI's).

Базовые знания персонала и инфраструктура позволяют на этом уровне планировать и осуществлять целевые улучшения в работе, а также предвосхищать требуемые изменения.

5 уровень Оптимизирующий (управление изменениями)

На этом уровне вся организация представляет собой процесс непрерывного улучшения. При этом количественные результаты, полученные на уровне 4, используются для того, чтобы управлять улучшениями на уровне 5. Процесс управления изменениями становится стандартным процессом, проводимым на регулярной основе. Менеджеры и сотрудники стимулируются к анализу своих рабочих процессов и их постоянному улучшению. Их активность в этом русле должна быть интегрирована в соответствующую процедуру на уровне компании в целом (создаются отделы управления качеством, инновационные центры и т.д.).

Для облегчения работы по постоянному улучшению в компанию приглашаются профессиональные коучи и наставники, а также сами менеджеры обучаются коучингу. При чем коучинг проводится как на индивидуальном, так и на групповом уровне. На уровне компании в целом также постоянно ищутся и находятся пути улучшения. Возможность количественной оценки, достигнутая на предыдущих уровнях позволяют «выровнять» рабочие процессы в сторону большего соответствия организационным целям. Инновации собираются, апробируются и при положительных результатах запускаются в производство.

Таким образом уровень 5 – это постоянное улучшение посредством, во-первых, постоянных внутренних улучшений (оптимизаций), во-вторых, путем внедрения инноваций и передовых технологий. Соответствующая данному уровню орг. культура – культура постоянного улучшения.

Для надлежащего анализа воздействия на бизнес необходима исходная карта ключевых бизнес-процессов организации, для каждого из которых идентифицируются различного рода нарушения функционирования, потенциально ведущие к потерям. На основе карты ключевых бизнес-процессов строится аналитическая модель, связывающая различные нарушения в функционировании бизнес-процессов с категорией и масштабом потерь в результате такого нарушения. В зависимости от доступности информации (структурированности поставленной задачи) масштаб потерь может оцениваться количественно (в денежном выражении) или качественно (по специально разработанной качественной шкале). По результатам оценки возможных потерь модель должна позволить оценить критичность бизнес-процессов как в целом, так и оценку критичности различного рода нарушений функционирования с привязкой к масштабу соответствующих потерь.

Параллельно с анализом критичности бизнес-процессов и зависимости масштабов потерь от нарушений функционирования бизнес-процессов рекомендуется проводить анализ информационных сервисов с привязкой к бизнес-процессам и информационным потокам. Например, можно проводить анализ корпоративной учетной системы, системы консолидированной отчетности, системы бизнес-аналитики на основе хранилища данных, информационного портала, корпоративной

электронной почты, сервиса сетевой печати и др. При этом рекомендуется более глубокая степень детализации, поскольку, к примеру, корпоративная учетная система фактически предоставляет несколько сервисов (поддержка бухгалтерии, поддержка управления человеческими ресурсами, поддержка материально-технического учета и др.), различным образом задействованных в бизнес-процессах компании. В ходе анализа информационных сервисов производится их идентификация, анализ использования в рамках бизнес-процессов, анализ возможных нарушений в функционировании сервисов и предварительная оценка значимости сервисов с точки зрения бизнеса организации.

Анализ воздействия на бизнес рекомендуется завершать построением модели причинно-следственных взаимосвязей между функционированием бизнес-процессов, информационных сервисов и информационных потоков. Данная модель позволяет на основании информации о критичности бизнес-процессов и информационных потоков, а также о масштабах возможных потерь получить для каждого класса сервисов оценку критичности сервиса с точки зрения бизнеса компании и возможных потерь для бизнеса компании в зависимости от нарушения в функционировании сервиса и времени восстановления, экономически оправданных затрат на повышение уровня доступности сервиса.

Для надлежащего анализа воздействия на бизнес необходима исходная карта ключевых бизнес-процессов организации, для каждого из которых идентифицируются различного рода нарушения функционирования, потенциально ведущие к потерям. На основе карты ключевых бизнес-процессов строится аналитическая модель, связывающая различные нарушения в функционировании бизнес-процессов с категорией и масштабом потерь в результате такого нарушения. В зависимости от доступности информации (структурированности поставленной задачи) масштаб потерь может оцениваться количественно (в денежном выражении) или качественно (по специально разработанной качественной шкале). По результатам оценки возможных потерь модель должна позволить оценить критичность бизнес-процессов как в целом, так и оценку критичности различного рода нарушений функционирования с привязкой к масштабу соответствующих потерь.

Параллельно с анализом критичности бизнес-процессов и зависимости масштабов потерь от нарушений функционирования бизнес-процессов рекомендуется проводить анализ информационных сервисов с привязкой к бизнес-процессам и информационным потокам. Например, можно проводить анализ корпоративной учетной системы, системы консолидированной отчетности, системы бизнес-аналитики на основе хранилища данных, информационного портала, корпоративной электронной почты, сервиса сетевой печати и др. При этом рекомендуется более глубокая степень детализации, поскольку, к примеру, корпоративная учетная система фактически предоставляет несколько сервисов

(поддержка бухгалтерии, поддержка управления человеческими ресурсами, поддержка материально-технического учета и др.), различным образом задействованных в бизнес-процессах компании. В ходе анализа информационных сервисов производится их идентификация, анализ использования в рамках бизнес-процессов, анализ возможных нарушений в функционировании сервисов и предварительная оценка значимости сервисов с точки зрения бизнеса организации.

Анализ воздействия на бизнес рекомендуется завершать построением модели причинно-следственных взаимосвязей между функционированием бизнес-процессов, информационных сервисов и информационных потоков. Данная модель позволяет на основании информации о критичности бизнес-процессов и информационных потоков, а также о масштабах возможных потерь получить для каждого класса сервисов оценку критичности сервиса с точки зрения бизнеса компании и возможных потерь для бизнеса компании в зависимости от нарушения в функционировании сервиса и времени восстановления, экономически оправданных затрат на повышение уровня доступности сервиса.

Знание и умение использовать на практике выработанные в разных странах стандарты и практики ВСМ будут несомненно полезны для отечественных предприятий, многие из которых уже осознали важность работ по обеспечению непрерывности бизнеса и приступили к реализации соответствующих проектов. Итогом работы становится, прежде всего, осознание бизнесом его слабых и уязвимых мест с точки зрения используемых информационных технологий, а так же понимание зависимости благополучия компании от работоспособности того или иного сервиса (услуги, системы). Безусловно, на выходе проекта компания получает набор рекомендаций, оформленных в виде стандартов, а так же рекомендации или конкретные технические мероприятия по «усилению» ИТ-инфраструктуры. Но нельзя забывать, что ИТ-инфраструктура Вашей организации постоянно живет и развивается вместе с Вашим бизнесом. Владение информацией об уровне зрелости информационной инфраструктуры для управления непрерывностью бизнеса позволит руководителям вовремя сориентироваться и перераспределить ресурсы для усиления отстающих направлений.

Статья написана в рамках проекта № 8.3023.2011 «Исследование и разработка методов и средств управления непрерывностью бизнеса».

Литература

1. ГОСТ Р 53647.1-2009. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 1. Практическое руководство. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 998-ст
2. ГОСТ Р 53647.2-2009. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 2 Требования. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 998-ст.
3. ГОСТ Р 53647.3-2010. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 3. Руководство

по внедрению. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 735-ст.

4. Ринг М. Анализ факторов, влияющих на непрерывность бизнеса в новом тысячелетии // CNews: Электронный ресурс. Режим доступа: <http://csm.cnews.ru/reviews/free/security/kpmg.shtml>.

5. Петренко С.А., Беляев А.В. Управление непрерывностью бизнеса. Ваш бизнес будет продолжаться. Информационные технологии для инженеров. – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2011. – 400 с.

Анализ и сравнение процессов обработки запроса к таблице в параллельных колоночных и строчных хранилищах данных

Аннотация

В статье проанализированы существующие методы выполнения запросов в параллельной колоночной СУБД. Приведено сравнение процессов обработки запросов в строчной и колоночной СУБД. Приведено сравнение времени обработки запроса с планом $\pi_A(\sigma_F(R))$ в параллельной построчной и колоночной СУБД.

Ключевые слова. Параллельные колоночные базы данных, преобразование Лапласа-Стилтьеса, сравнение строчных и колоночных систем

Введение

К настоящему времени во многих организациях накоплены колоссальные объемы данных, на основе которых можно решать самые разнообразные аналитические и управленческие задачи в любой сфере деятельности. Проблемы хранения и обработки аналитической информации становятся все более актуальными и привлекают внимание специалистов и фирм, работающих в области информационных технологий. Именно на решение этих задач направлены технологии, объединяющиеся под общим названием хранилища данных и бизнес-анализа. По оценке Gartner, хранилища в ближайшей перспективе останутся одними из ключевых компонентов автоматизированных информационных систем предприятий [1].

Несмотря на то, что классические реляционные хранилища обеспечивают наилучшее сочетание простоты, устойчивости, гибкости, производительности, масштабируемости и совместимости, их показатели по каждому из этих пунктов не обязательно выше, чем у аналогичных систем, ориентированных на какую-то одну особенность. Согласно Майклу Стоунбрейкеру, пионеру исследований в области больших баз данных [2], такая идея «безразмерности», когда традиционная архитектура СУБД, изначально разработанная и оптимизированная для обработки бизнес-данных, используется для поддержки приложений, требующих обработки больших объемов данных, больше не применима к рынку баз данных. Мир коммерческих СУБД будет дробиться на набор независимых, специализированных средств управления базами данных [3].

Одним из основных и самых перспективных архитектурных решений

для специализированных СУБД в области хранилищ данных является колоночное хранение данных: большой потенциал колоночных систем подтверждают аналитические исследования и прогнозы аналитиков [1,3-5]. Например, в работе [5] показано 200-кратное сокращение объема ввода-вывода по сравнению с аналогичной реляционной СУБД (РСУБД). Это достигается за счёт того, что из базы данных читаются только те атрибуты, которые участвуют в запросе, а также применяются эффективные методы сжатия столбцов.

Таким образом, перед проектировщиком системы обработки данных возникает непростая задача выбора между традиционными (строчными – Oracle, MS SQL Server и др.) и специализированными СУБД (колоночными – Vertica, ParAccel и др.). Для принятия обоснованного технического решения по выбору типа СУБД необходимо использовать средства моделирования. Для традиционных РСУБД такие методы уже существуют [6]. Для параллельных СУБД подобные исследования ведутся [7-10].

В статье выполнено сравнение процессов обработки запросов в параллельной строчной и колоночной системе баз данных, а также времени выполнения запроса к одной таблице на основе математические методов, предложенных авторами в статьях [11,12] и учитывающих особенности выполнения запросов к колоночным и строчным СУБД.

Организация работы строчного и колоночного СУБД

Под строчным хранением данных обычно понимается физическое хранение кортежа любого отношения в виде одной записи, в котором значения атрибута идут последовательно одно за другим, а за последним атрибутом кортежа в общем случае следует новый кортеж отношения. Таким образом, на физическом носителе отношение R представлено в следующем виде:

$[a_{11}, a_{21}, \dots, a_{n1}]_1 [a_{12}, a_{22}, \dots, a_{n2}]_2 [a_{13}, a_{23}, \dots, a_{n3}]_3 \dots [a_{1m}, a_{2m}, \dots, a_{nm}]_m$ где a_{ij} – значение атрибута a_i в j -м кортеже отношения R ,

$[a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj}]_j$ – j -й кортеж отношения R ,

n – количество атрибутов отношения R ,

$m = T(R)$ – количество кортежей отношения R .

В колоночных хранилищах значения одного атрибута хранятся последовательно друг за другом [1], т.е. на физическом носителе отношение R примет следующий вид.

$\langle a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{1m} \rangle_1 \langle a_{21}, a_{22}, a_{23}, \dots, a_{2m} \rangle_2 \dots \langle a_{n1}, a_{n2}, a_{n3}, \dots, a_{nm} \rangle_n$,

где a_{ij} – значение атрибута a_i в j -м кортеже отношения R ,

$\langle a_{i1}, a_{i2}, a_{i3}, \dots, a_{im} \rangle_i$ – i -й столбец (атрибут) отношения R .

Каждая колонка, хранящаяся на диске, разделена на блоки определенного размера. Блок состоит из заголовка, размер которого пренебрежительно мал по сравнению с размером блока и непосредственно данных. При одном запросе к диску происходит чтение нескольких блоков, количество которых определяется параметром. Каждой записи в столбце

сопоставляется ее позиция (номер строки). В большинстве современных колоночных БД [14] значения столбца упорядочиваются по позициям.

На логическом уровне колоночные и строчные СУБД идентичны, т.е. способны обрабатывать одни и те же SQL-запросы. Но отличия в физической организации хранения данных существенно влияют на реализацию процессов, протекающих при формировании плана выполнения запроса и его реализации.

В строчных СУБД план запроса представляет собой дерево, у каждого узла которого имеется один родитель и один (или два в случае пересечения) дочерних узла [15]. Реализация исполнителя планов базируется на следующих трех базовых парадигмах [15]: синхронный конвейер, итераторная модель, скобочный шаблон.

Синхронный конвейер. Суть данного метода состоит в том, что, как только операция получает очередной кортеж своего результирующего отношения, она передаёт его по конвейеру выше стоящей операции для обработки. Например, узел, читающий записи из исходной таблицы, передаёт их узлу, выполняющему соединение записей разных таблиц.

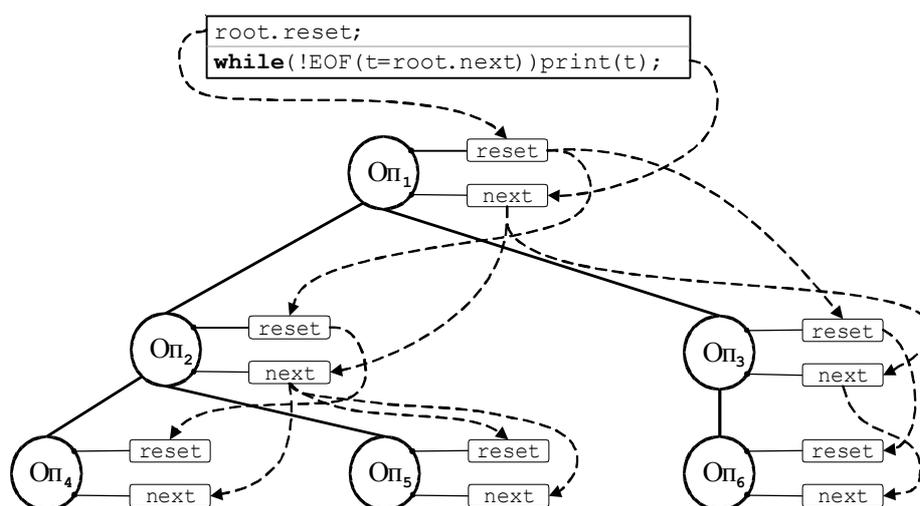


Рис 1. Выполнение плана запроса на базе итераторной модели

Итераторная модель. Эта модель является общепринятым методом, используемым в СУБД для эффективной реализации синхронного конвейера. В соответствии с итераторной моделью с каждым узлом дерева плана запроса связывается специальная структура управления, называемая итератором. Интерфейс итератора представлен двумя стандартными операциями с предопределенной семантикой:

- reset – установка итератора в состояние "перед первым кортежем",
- next – выдать очередной кортеж результирующего отношения.

Алгоритм выполнения плана запроса на базе итераторной модели изображён на рис.1. На первом шаге выполняется метод reset применительно к корневому узлу. Затем в цикле выполняется метод next

для корневого узла. Он каждый раз возвращает указатель на очередной кортеж результирующего отношения. Цикл завершается, когда метод *next* выдает указатель на специальный кортеж, обозначающий конец файла – EOF (End Of File). Методы *reset* и *next* родителя прямо или косвенно могут вызывать соответствующие методы дочерних узлов. Эти вызовы изображены на рисунке пунктирными стрелками. Реализация итератора базируется на скобочном шаблоне, который рассмотрен ниже.

Скобочный шаблон. Основными атрибутами являются

- выходной буфер, в который помещается кортеж результата;
- КОП – код реляционной операции, реализуемой данным узлом;
- указатель на скобочный шаблон левого дочернего узла;
- указатель на скобочный шаблон правого дочернего узла ("пусто" для унарных операций).

Сам по себе скобочный шаблон не содержит конкретной реализации реляционной операции. Однако, после оптимизации запроса СУБД "вставляет" в каждый скобочный шаблон ту или иную реализацию соответствующей реляционной операции. Например, для операции соединения СУБД может выбрать один из следующих кодов: "соединение вложенными циклами", "соединение сортировкой и слиянием", "соединение хешированием". При выполнении этой операции узел обращается к скобочным шаблонам дочерних узлов.

Рассмотрим, какие изменения вносят колоночные базы данных в каждый из рассмотренных принципов.

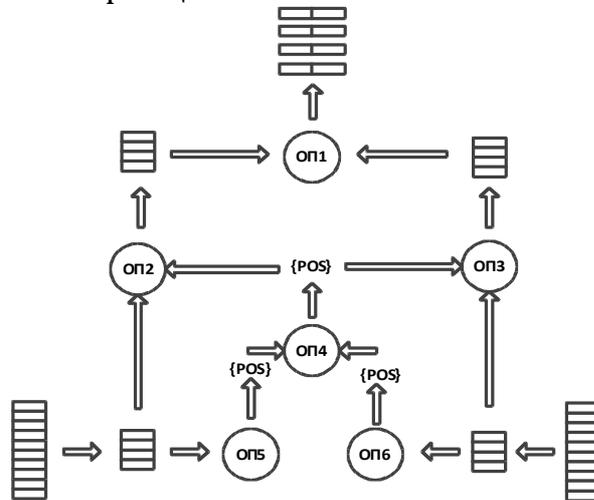


Рис. 2. Пример синхронного конвейера колоночного хранилища

Синхронный конвейер. В колоночных СУБД при реализации конвейера учитываются следующие особенности:

- в связи с фундаментальными отличиями в организации хранения информации на физическом носителе операции выполняются не над кортежами отношения, а над блоками атрибутов отношения;
- существует возможность проводить операции не над данными (блоками), а над позициями значений в этих блоках;

- между узлами конвейера могут передаваться как позиции, так и указатели на блоки данных.

Пример конвейера колоночного хранилища для простого запроса по двум атрибутам таблицы, использующего вышеперечисленные возможности, представлен на рис. 2. Результатами операций 5 и 6 являются позиции значений в атрибутах. Списки полученных позиций передаются и обрабатываются (соединяются, пересекаются и т.п.) в операторе 4, результат действия которого попадает в операторы 2 и 3, считывающие указанные в полученном наборе позиций значения.

Итераторная модель. Для колоночных хранилищ характерны следующие изменения:

- возможно наличие нескольких родительских узлов, т.е. результаты операции передаются не единственному следующему оператору;
- используются как итераторы по кортежам, так и по блокам;
- вводится операция материализации кортежа: получение исходного или необходимого на данном этапе кортежа на основе передаваемых блоков значений атрибута.

Скобочный шаблон. Для колоночных систем в скобочный шаблон не вносятся значительных изменений. Меняется формат выходных данных: это могут быть как кортежи, так и позиции элементов и указатели на блоки данных.

Основной формой параллельной обработки запросов в строчных и колоночных СУБД является фрагментный параллелизм. Подробно данный процесс рассмотрен в работах [7-10,15]. В соответствии с этой схемой запрос на языке SQL преобразуется в некоторый последовательный план. Данный последовательный план преобразуется в параллельный план, представляющий собой совокупность n идентичных параллельных агентов, которые реализуют те же операции, что и последовательный план. На завершающем этапе агенты рассылаются на соответствующие процессорные узлы, где интерпретируются исполнителем запросов. Результаты выполнения агентов объединяются корневым оператором exchange на нулевом процессорном модуле.

Наиболее распространенной системой классификации параллельных систем баз данных является система, предложенная Майклом Стоунбрейкером (Michael Stonebraker) [15]:

4.SE (Shared-Everything) - разделяемые память и диски.

5.SD (Shared-Disks) - разделяемые диски.

6.SN (Shared-Nothing) - без совместного использования ресурсов.

Особенности обработки запросов в колоночных СУБД

Одним из процессов при формировании ответа на запрос в колоночных базах данных является материализация кортежей – процесс воссоздания кортежа на основе столбцов-атрибутов. В зависимости от момента применения данной операции в плане запроса в [16] предлагается

следующие варианты материализации.

Ранняя материализация. Данный вариант аналогичен «естественной» материализации, применяемой в строчных СУБД: каждый раз, когда осуществляется доступ к атрибуту, он добавляется к кортежу.

Поздняя материализация. Специфика колоночных СУБД позволяет отложить процесс материализации до определенного момента, используя в процессе выполнения запроса позиции значений в колонках вместо самих значений атрибутов. К преимуществам данного метода можно отнести более высокую скорость работы с позициями значений по сравнению со всем кортежем. Слабым местом такого подхода является необходимость двойного чтения данных из столбца – в первом случае для получения позиций, во втором, уже после анализа и преобразования номеров, для получения значений.

Таким образом, операцию материализации можно рассматривать в качестве момента, после которого исполнитель запросов начинает применять классические покортежные операции.

В работе [16] предлагается следующие варианты обработки столбцов: параллельный и последовательный. В первом случае все колонки считываются независимо друг от друга. При поздней материализации после считывания полученные битовые маски пересекаются, и на основе результирующей битовой маски происходит чтение остальных атрибутов, участвующих в операции проекции. При последовательной обработке, в отличие от параллельной, атрибуты, участвующие в запросе, упорядочиваются по убыванию селективности и считываются по очереди. В каждую следующую операцию чтения атрибута передается битовая маска предыдущего чтения (рис.3).

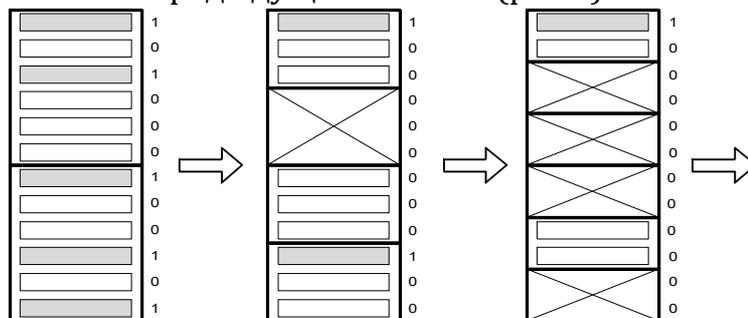


Рис.3. Иллюстрация особенности последовательной обработки

Подобная организация процесса чтения атрибутов позволяет уменьшить количество операций чтения блоков данных с диска. На рис. 3 показаны колонки атрибутов. Перечёркнуты те блоки, которые не надо считывать, т.к. соответствующие записи не удовлетворяют условию поиска по предыдущим атрибутам.

В современных СУБД широко используется *сжатие данных*. Это позволяет повысить производительность за счет уменьшения числа дисковых операций ввода-вывода и объёма передаваемых по сети данных. Колоночное хранение отношений позволяет улучшить этот показатель по

сравнению со строчными СУБД. Это достигается за счет использования коэффициентов повторяемости значений атрибутов и возможности оперировать сжатыми данными (т.е. отсутствия затрат на декомпрессию). В работе [17] предлагается полученный эмпирическим путем алгоритм выбора типа компрессии данных в столбцах.

Преобразования Лапласа-Стилтьеса времени выполнения запроса к таблице в строчной и колоночной системе баз данных

В [8] приведено преобразование Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) времени выполнения запроса к строчной базе данных с планом $\pi_A(\sigma_F(R))$, π - операция проекции, σ - операция селекции. В [12] приведены формулы для $\phi_D(s)$, $\phi_M(s)$, $\phi_N(s)$ (т.е. для ПЛС времени обработки кортежей в ресурсах) для различных режимов функционирования системы баз данных и различных архитектурных решений. При выводе учитывались следующие особенности выполнения запроса в колоночной СУБД [11]:

- каждая колонка хранится на диске в своих блоках, где отдельная колонка представляет собой таблицу с кортежем (значение атрибута, позиция)
- последовательная и параллельная обработка запросов с поздней материализацией кортежей,
- наличие компрессии данных (метод RLE),
- получение времени работы обслуживающих устройств на основе измеримых с помощью синтетических тестов показателей.

При этом рассматривались два режима работы [12]:

1. Пакетный режим (offline, система рассматривается как замкнутая).

При данном режиме работы в колоночной системе баз данных обрабатываются пакеты запросов, В каждом пакете SQL-запросы выполняются последовательно (предполагается, что они связаны по данным: выходные данные одного запроса являются входными данными другого). Но запросы разных пакетов (по одному из каждого пакета) могут обрабатываться параллельно. Предполагается, что «узкое место» в данном режиме – дисковая система.

2. Режим «запрос-ответ» (online, система рассматривается как разомкнутая). При данном режиме работы предполагается, что i -ая рабочая станция обращается к j -ому запросу с некоторой интенсивностью. При условии, что эти входные потоки заявок являются пуассоновскими, время обслуживания в ресурсах распределено по экспоненциальному закону, а переход от ресурса к ресурсу выполняется по вероятности, модель обработки запросов можно представить в виде сети массового обслуживания. В этой сети обработку в узлах ресурсов можно представить в виде совокупности независимых СМО М/М/1 (это доказывается в теории массового обслуживания в виде теоремы разложения Джексона).

Сравнение среднего времени обработки запроса к одной таблице в строчной и колоночной базе данных

Оценку среднего времени выполнения запроса можно получить, дифференцируя выражения ПЛС времени обработки запроса в нуле (в работе [12] были использованы численные методы).

Ниже приведены результаты расчёта отношения среднего времени обработки простого запроса $\pi_A(\sigma_F(R))$ в строчной СУБД к среднему времени выполнения этого запроса в колоночной СУБД в зависимости от отношения количества атрибутов, участвующих в запросе, к общему количеству атрибутов в таблице.

Для упрощения расчетов будем считать, что $K_A=K_F=K$ т.е. количество атрибутов, участвующих в операции фильтрации, равно количеству атрибутов, используемых в операции проекции. Также примем, что таблица состоит из $N=100$ одинаковых по размеру и типу атрибутов. Расчёты были выполнены при следующих значениях характеристик ресурсов.

1. Процессор – Intel Xeon 5160. Для выбранного процессора измеренное значение числа процессорных циклов, выполняемых секунду - $\mu_P=1.5 \cdot 10^9$ (1/с).

2. Внешняя память - $N=50$ дисков 3.5" Seagate Cheetah 15K.6 ST3146356FC; размер блока чередования (stripe size) – $Q_{БЧ}=64$ Кб; среднее время поиска и чтения блока чередования с диска – $t_{БЧ} = t_{подвода} + t_{вращения}/2 + Q_{БЧ}/v_{чтения} = 4 + 4/2 + 64/200 = 6.3$ мс. Поэтому интенсивность чтения блоков с диска равна $\mu_{ДВ} = 1000/6.3 = 160$ (1/с).

3. Оперативная память – DDR3-1600 PC3- 12800. Интенсивность чтения одного байта информации из ОП равна $\mu_M = 9586 \cdot 1024 \cdot 1024$ (1/с).

4. Остальные параметры для расчетов приведены ниже.

$$\begin{array}{llll} V=10^6 & r_i=20 & L=100 & P_2=0.007 \\ P_1=0.01 & u=50 & H=100 & p_D=0.9 \end{array}$$

L – среднее число записей таблицы R в блоке чередования для строчной СУБД, k_C – среднее число позиций, покрываемых одним кортежем столбца колоночной базы данных, $k_C=1$ – нет сжатия.

Графики отношения времени выполнения запроса в строчной СУБД к времени выполнения запроса в колоночной СУБД (Y) в зависимости от отношения количества атрибутов, участвующих в запросе, к общему количеству атрибутов в таблице ($X=100 \cdot 2 \cdot K/N$) для различного среднего числа позиций, покрываемых одним кортежем (k_C учитывает сжатие), представлены на рис.4. Графики построены для числа процессоров $n=2$. В табл. 1 приведены значения Y для некоторых X .

Табл.1. Результаты вычислений.

	$k_C=1$	$k_C=5$	$k_C=10$
$X=2\%$ ($K_A=K_F=1$)	31	70	99
$X=65\%$	1	2,5	3,8
$X=100\%$	0,66	1,65	2,5

Из графиков видно, что при использовании менее 20% атрибутов

время выполнения запроса в колоночной СУБД меньше в разы по сравнению со строчной СУБД, при большем количестве атрибутов время выполнения запроса растет практически пропорционально числу используемых в запросе атрибутов. Для $k_c=1$ (нет сжатия данных) среднее время выполнения запроса в строчной и колоночной СУБД становится равным ($Y=1$) при использовании 65% атрибутов (табл. 1). Увеличение времени выполнения запроса в колоночной СУБД при большем количестве используемых атрибутов можно объяснить ростом числа читаемых с диска столбцов таблицы (для строчных СУБД время не изменяется, т.к. с диска записи читаются целиком). При $X=100\%$ и $k_c=1$ среднее время выполнения запроса в строчной СУБД в 1.5 ($1/0.66$) раза меньше, чем в колоночной СУБД. При достаточно хорошем сжатии столбцов таблицы картина меняется: колоночная СУБД лучше строчной даже при использовании в запросе 100% атрибутов (см. табл. 1).

На рис. 5 представлены графики зависимости среднего времени выполнения запроса в колоночной СУБД от числа процессоров для различного соотношения используемых в запросе атрибутов (10%, 50%, 100%), а также время выполнения запроса в строчной СУБД. Из графиков видно, что для строчной СУБД пятнадцатисекундная отметка среднего времени обработки запроса достигается при числе процессоров $n=10$. Для колоночной СУБД эта отметка достигается при соотношении используемых в запросе атрибутов 10% (10 атрибутов из 100) уже при $n=2$ (и это при отсутствии сжатия столбцов, $k_c=1$).

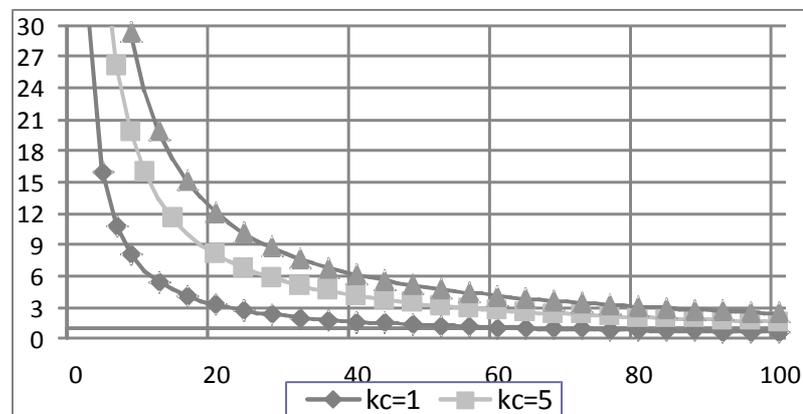


Рис. 4. Отношение времени выполнения запроса в строчной СУБД к времени выполнения запроса в колоночной СУБД (Y) в зависимости от отношения количества атрибутов, участвующих в запросе, к общему количеству атрибутов в таблице (X , %) при разных ' k_c '.

Заключение

1. Проанализированы процессы выполнения запросов в строчной и колоночной системе баз данных. Рассмотрены изменения, вносимые в синхронный конвейер, итераторную модель и скобочный шаблон, а также операции материализации и компрессии данных для колоночных СУБД.

2. Выполнено сравнение среднего времени выполнения запроса с

планом $\pi_A(\sigma_F(R))$ в строчной и колоночной СУБД. Приведён пример расчёта отношения среднего времени выполнения запроса в строчной СУБД к среднему времени выполнения запроса в колоночной СУБД в зависимости от отношения количества атрибутов, участвующих в запросе, к общему количеству атрибутов в таблице. На его основании можно сделать вывод о том, что при хорошем сжатии столбцов (см. k_C) время выполнения запроса в колоночной СУБД меньше, чем в строчной СУБД даже при использовании в запросе 100% атрибутов (см. табл. 2).

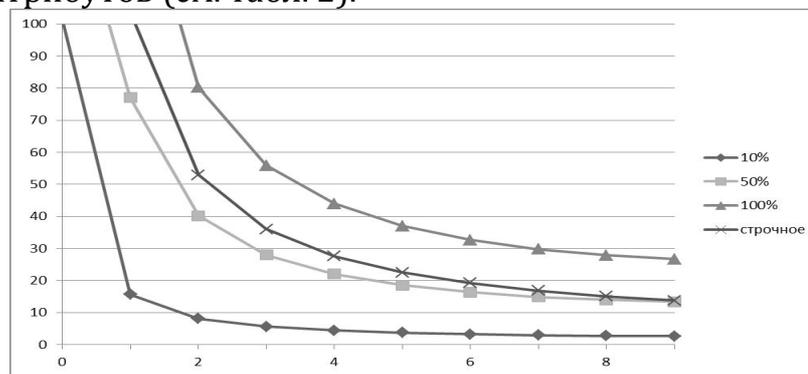


Рис. 5. Среднее время выполнения запроса в колоночной СУБД (с.) в зависимости от числа процессоров для различного отношения используемых в запросе атрибутов и время выполнения запроса в строчной СУБД (везде $k_C=1$).

3. Для колоночной СУБД десятисекундная отметка среднего времени выполнения запроса при отношении используемых в запросе атрибутов 10% достигается при меньшем числе процессоров ($n=2$), чем для строчных СУБД ($n=15$). Это свидетельствует об экономии вычислительных ресурсов при использовании колоночных СУБД.

4. Предполагается продолжить исследования и получить оценки времени выполнения запросов с более сложными планами реализации (например, для плана выполнения запроса к хранилищу данных типа «звезда»).

Литература

1. Андрей Арсентьев. Хранилища данных становятся инфраструктурным компонентом №1. CNews аналитика. 2010. [Электронный ресурс]. [http://retail.cnews.ru/reviews/free/BI2010/articles/articles6.shtml]. Проверено 27.06.2011.
2. Michael Stonebraker Biography, 2008 г. [Электронный ресурс] [http://www.csail.mit.edu/user/1547]. Проверено 28.06.2012.
3. Michael Stonebraker, Uğur Çetintemel. «One Size Fits All»: An Idea Whose Time Has Come and Gone. / Перевод Сергея Кузнецова, 2007 г.: [Электронный ресурс]. [http://citforum.ru/database/articles/one_size_fits_all/]. Проверено 27.06.2011.
4. Michael Stonebraker, Chuck Bear, Uğur Çetintemel, Mitch Cherniack, Tingjian Ge, Nabil Hachem, Stavros Harizopoulos, John Lifter, Jennie Rogers, and Stan Zdonik. One Size Fits All? – Part 2: Benchmarking Results. 3rd Biennial Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR), January 7-10, 2007, Asilomar, California, USA. / Перевод Сергея Кузнецова, 2007 г.: [Электронный ресурс].
5. [http://citforum.ru/database/articles/one_size_fits_all_2/]. Проверено 27.06.2011.

6. Michael Stonebraker. My Top 10 Assertions About Data Warehouses. / Перевод Сергея Кузнецова, 2010 г.: [Электронный ресурс]. [<http://citforum.ru/gazeta/166/>]. Проверено 27.06.2011.
7. Григорьев Ю.А., Плутенко А.Д. Теоретические основы анализа процессов доступа к распределенным базам данных. Новосибирск: Наука, 2002. - 222 с.
8. Ю.А. Григорьев, В.Л. Плужников. Оценка времени выполнения запросов и выбор архитектуры параллельной системы баз данных. МГТУ, 2009.
9. Григорьев Ю.А., Плужников В.Л. Модель обработки запросов в параллельной системе баз данных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2010. - № 4. – С. 78-90.
10. Григорьев Ю.А., Плужников В.Л. Оценка времени соединения таблиц в параллельной системе баз данных// Информатика и системы управления. – 2011. - № 1. – С. 3-16.
11. Григорьев Ю.А., Плужников В.Л. Анализ времени обработки запросов к хранилищу данных в параллельной системе баз данных // Информатика и системы управления. – 2011. - № 2. – С. 94-106.
12. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Модель обработки запросов в параллельной колоночной системе баз данных // Информатика и системы управления. – 2012. - № 1. – С. 3-15.
13. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Модель обработки запроса к одной таблице в параллельной колоночной системе баз данных и анализ ее адекватности // Информатика и системы управления. – 2012. - № 2. – С. 170-179.
14. Michael Stonebraker, Daniel J. Abadi, Adam Batkin, Xuedong Chen, Mitch Cherniack, Miguel Ferreira, Edmond Lau, Amerson Lin, Samuel R. Madden, Elizabeth J. O'Neil, Patrick E. O'Neil, Alexander Rasin, Nga Tran, and Stan B. Zdonik: C-Store: A Column-Oriented DBMS [Электронный ресурс]. [<http://www.cs.yale.edu/homes/dna/pubs/displaypubs.cgi/>]. Проверено 22.10.2011.
15. Daniel J. Abadi Query Execution in Column-Oriented Database Systems. [Электронный ресурс]. [<http://www.cs.yale.edu/homes/dna/papers/abadiphd.pdf>]. Проверено 25.12.2011.
16. Соколинский Л. Б., Цымблер М. Л. Лекции по курсу "Параллельные системы баз данных": [Электронный ресурс]. [<http://pdbc.susu.ru/CourseManual.html>]. Проверено 22.10.2011.
17. Daniel J. Abadi, Daniel S. Myers, David J. DeWitt, and Samuel R. Madden. Materialization Strategies in a Column-Oriented DBMS In Proceedings of ICDE, 2007. [Электронный ресурс]. [<http://db.lcs.mit.edu/projects/cstore/abadiicde2007.pdf>]. Проверено 25.12.2011.
18. Daniel J. Abadi, Samuel R. Madden and Miguel C. Ferreira. Integrating Compression and Execution in Column-Oriented Database Systems In Proceedings of ICDE, 2006. [Электронный ресурс]. [<http://db.lcs.mit.edu/projects/cstore/abadisigmod06.pdf>]. Проверено 25.12.2011.

Кадан А.М.,

УО «Гродненский государственный университет имени Янки
Купалы», Гродно, Беларусь,
заведующий кафедрой системного программирования и
компьютерной безопасности
alexander.kadan@gmail.com

Кадан М.А.

компания ЭПАМ Системз, Беларусь, ведущий программист
mkadan@gmail.com

Технологии бизнес-моделирования и разработка дополнительной функциональности языка BPEL

В рамках исследований по использованию технологий и средств моделирования бизнес-процессов в управлении работой подразделений университета, предлагается расширение стандартных возможностей языка исполнения бизнес-процессов BPEL. Исследованы возможности улучшения и облегчения процесса оркестрации сервисов в BPEL-процесс и взаимодействия между различными BPEL-процессами с точки зрения практического применения. Реализация этих особенностей предполагает использование стандартных средств BPEL и, следовательно, является независимой от конкретной реализации BPEL-сервера.

Введение

Реализация информационно-ориентированного механизма управления современной организацией, базирующегося на передовых информационных технологиях и системах, является актуальной задачей, решение которой способствует повышению адаптивности и конкурентоспособности организации в условиях динамично меняющейся среды.

С внедрением в Гродненском государственном университете им. Янки Купалы системы менеджмента [1], регламентирующей основные бизнес процессы подразделений, сроки предоставления документов, определяющей ответственность руководителей за своевременное предоставление достоверной и подтвержденной информации, объем как входящих, так и исходящих документов, связанных с работой подразделения университета (отделов, деканатов факультетов, кафедр) и время, необходимое на их обработку и подготовку, не имеют тенденции к снижению. Это явилось стимулом для поиска решений и технологий информатизации управления, вызвало попытки внедрения средств бизнес-моделирования и элементов систем управления бизнес-процессами на уровне отдельных подразделений, не дожидаясь появления подобной

системы в масштабе университета.

Технологии и средства бизнес-моделирования.

Понятие «бизнес-моделирование» вошло в обиход вместе с появлением программных систем, направленных на достижение комплексной автоматизации предприятий. Разработка и внедрение подобных систем предполагает комплексное обследование деятельности организации, описание ее архитектуры, реинжиниринг ее бизнес-процессов, аудит и сертификацию деятельности.

Решение всех этих задач предполагают использования средств бизнес-моделирования. Основное назначение средств бизнес-моделирования – обеспечение взаимопонимания на всех уровнях организации, устранение разрыва между стратегическим видением бизнеса и практической его реализацией [2]. Для представления бизнес-моделей в специализированных системах бизнес-моделирования используются специальные языки, понятные и руководителям высшего уровня, и аналитикам, и работникам нижнего звена. Бизнес-процессы представляются в виде графических моделей, которые иерархически и пошагово представляют взаимодействие подразделений и исполнителей. То есть современные средства бизнес-моделирования – это средства проектирования и анализа, управления знаниями организации, а не средства информационных технологий.

Главное назначение бизнес-модели – дать целостную картину функционирования организации. Можно утверждать, что и само по себе описание бизнес-процессов весьма важно, даже если оно не рассматривается как начальная стадия проекта по разработке или внедрению сложной информационной системы. Ценность бизнес-модели определяется тем, в какой степени она помогает отвечать на актуальные вопросы, стоящие перед организацией, насколько реально затрагивает каждого сотрудника организации.

Очень важно, чтобы изменением уже существующих, а также моделированием новых бизнес-процессов организации могли заниматься специалисты без профессионального компьютерного образования, в частности, сотрудники, не специализирующиеся в использовании средств компьютерного бизнес-моделирования. Идеальной была бы ситуация, когда после непродолжительного курса обучения человек, знакомый с бизнес-деятельностью организации, мог бы применять свои знания в создании и улучшении бизнес-модели этой организации.

В таком контексте значительно возрастает значимость задач построения бизнес-моделией деятельности организации и ее подразделений, создания на ее основе информационной системы, предназначенной для оперативного принятия решений, интеграции всех участников бизнес-процессов, а также поддержки полного цикла управления сложными системами, которыми являются современные организации и, в частности, университет.

Среди технологий бизнес-моделирования заметную роль играет Business Process Management (BPM) [3]. В отличие от технологий реинжиниринга, ориентированных на однократное радикальное преобразование бизнес-процессов, использование BPM направлено на непрерывные усовершенствования. А применительно к сфере программного обеспечения – связано со специализированным программным обеспечением, предназначенным для непосредственного исполнения бизнес-процессов

Такое программное обеспечение называют Business Process Management System (BPMS) или BPM-системой, или просто BPM. Важной компонентой BPM-системы являются средства визуальной разработки и специализированные графические языки, обеспечивающие среду и средства описания для создания схем бизнес-процессов. Работа организована таким образом, чтобы бизнес-аналитик мог самостоятельно, без привлечения программистов, вносить изменения в схему бизнес-процесса.

Средства проектирования информационных систем и соответствующие им языки описания предназначены для решения важных, но все же вспомогательных задач. Как обычно, сначала следует понять, что нужно автоматизировать в архитектуре организации, и только потом приступать к осуществлению такой автоматизации. В таком контексте главное назначение бизнес-модели – дать целостную картину функционирования организации, согласовать разные точки зрения на постоянно развивающиеся и меняющиеся отношения. Ценность бизнес-модели определяется тем, в какой степени она помогает отвечать на актуальные вопросы, стоящие перед организацией, насколько реально затрагивает каждого сотрудника организации.

BPML – язык исполнения процессов.

BPM-система не является только средством графического описания бизнес-процессов. Рисование схемы бизнес-процесса является начальным этапом работы. Разработанная схема бизнес-процесса в виде XML-файла загружается в средство исполнения бизнес процессов, модуль BPM-engine, который хранит информацию об экземплярах бизнес-процесса: кем и когда он запущен, на каком шаге сейчас находится и кто отвечает за его выполнение. Второй стандартный компонент BPM-системы – модуль мониторинга, который накапливает информацию о том, как часто запускается тот или иной бизнес-процесс, сколько времени занимает его выполнение, кто из сотрудников участвует в работе, на каком шаге происходят задержки и т.д. Эти сведения позволяют разработать объективные критерии, позволяющие оценивать эффективность работы организации, ее подразделений и отдельных сотрудников.

В области интеграции технология BPM пересекается с SOA (Service Oriented Architecture) [4, 5]. В таком тандеме SOA обеспечивает стандарт на интерфейсы и среду, в которой подобные интерфейсы могут публиковаться

и вызываться, а BPM – смысловую нагрузку и правила, согласно которым системы должны передавать друг другу информацию и управление.

Предметом исследования в данной работе является язык исполнения бизнес-процессов BPEL, стандарт де-факто в современном компьютерном бизнес-моделировании. Целью исследования - разработка дополнительной функциональности языка BPEL, облегчающей его использование пользователями без профессиональной подготовки.

BPEL [6, 7] (англ. Business Process Execution Language) – язык на основе XML для формального описания бизнес-процессов и протоколов их взаимодействия между собой. BPEL расширяет модель взаимодействия веб-служб и включает в эту модель поддержку транзакций.

BPEL использует вебсервисы в качестве универсального способа интеграции приложений [8]. И с этой точки зрения его можно рассматривать как описание последовательности вызовов вебсервисов. Наряду с традиционными элементами, принятыми в workflow-моделях, в BPEL используются такие специфические методы, как асинхронные вызовы вебсервисов, «длинные» транзакции и связанные с ними механизмы обработки ошибок.

Дополнительная функциональность языка BPEL

BPEL в «чистом» виде довольно сложен в использовании неподготовленным пользователем [4]. Если такой пользователь и сможет создать простой бизнес-процесс, то более сложные процессы, включающие например кросспроцессную синхронизацию, будут для него недоступны.

Поэтому внимание было направлено на исследование возможности улучшения и облегчения процесса оркестрации сервисов в BPEL-процесс и взаимодействия между различными BPEL-процессами [5], были реализованы веб-сервисы и пользовательские компоненты, осуществляющие эти улучшения.

Основной областью для улучшений было выбрано кросспроцессное взаимодействие, так как, во-первых, эта функциональность востребована в подавляющем большинстве практических BPEL-процессов, а во-вторых, в языке BPEL нет простых возможностей обеспечить кросспроцессное взаимодействие. Было принято решение о реализации этой дополнительной функциональности на основании стандартных средств BPEL и Web-Services, не используя специфические особенности серверов исполнения BPEL-процессов (или используя специальные native-прослойки). Это дало такое важное преимущество как переносимость разработанной дополнительной функциональности на любой сервер исполнения BPEL-процессов, а значит гораздо более широкое поле для ее применения.

Реализация этих особенностей использует стандартные средства BPEL, и, следовательно, является независимой от конкретной реализации BPEL-сервера.

Среди выделенных особенностей можно отметить:

- «Запускающий» BPEL-процесс (launcher), который используется для начальной настройки BPEL-процесса и его «регистрации» в дополнительных системных сервисах.
- Обработка кросспроцессных событий (event management).
- Автоматический отложенный запуск BPEL-процессов на основании задекларированных каскадных зависимостей (declared dependencies).
- Автоматической начальной конфигурации экземпляров BPEL-процессов на основании параметров запуска процесса.
- Некоторые пользовательские компоненты BPEL-процессов для облегчения реализации BPEL-процессов. Среди них можно отметить, например, компоненты опроса состояния BPEL-процессов и синхронизации процессов различными методами (1/1, 1/*).

«Запускающий» BPEL-процесс (Launcher)

Служит для начальной инициализации других BPEL-процессов непосредственно перед началом их работы. Так как «запускающий» процесс сам является BPEL-процессом, он допускает простое изменение своей функциональности (например, добавление логирования определенных операций инициализации).

«Запускающий» BPEL-процесс может вызываться двумя способами: прямо и косвенно. При прямом вызове в качестве параметра ему передается BPEL-интерфейс (т.е. идентификатор типа BPEL-процесса), экземпляр которого необходимо создать и инициализировать. При косвенном вызове запускается сразу необходимый нам BPEL-процесс через фиктивную точку входа (которую пользователь, однако, считает реальной), который затем асинхронно вызывает «запускающий» процесс (передавая в качестве параметра свой интерфейс и точку входа) и приостанавливает свою работу. Дальнейшая работа происходит также как и при прямом вызове.

WS-Registry

Этот веб-сервис предназначен для централизованного хранения свойств экземпляров BPEL-процессов. Среди этих свойств: уникальный идентификатор процесса (pid), идентификатор интерфейса процесса (описывался ранее), параметры запуска данного экземпляра процесса.

Помимо прочего, данный веб-сервис вводит понятие текущего состояния экземпляра процесса, причем поддерживаются как системные состояния (например, Suspended или Running), так и пользовательские состояния (например, Persisting).

Вызов данного сервиса происходит в «запускающем» процессе после получения уникального идентификатора. Таким образом все экземпляры BPEL-процессов регистрируются в реестре.

WS-Events (Event Management)

Служит средством коммуникации между BPEL-процессами. Основной концепцией является рассылка процессами бродкаст-событий и их прием другими процессами, подписавшимися на эти события. Существуют две

основных стратегии получения событий:

- С использованием callback-вызовов.
- С опросом пула событий на наличие подходящих событий.

При использовании callback-вызова BPEL-процесс должен предоставить точку входа, поддерживающую событие, на которое она подписана. При появлении события в пуле веб-сервис произведет callback для процесса, идентифицируемого `pid` (указывается при подписывании), на данную точку.

При использовании стратегии опроса пула событий производится асинхронный циклический опрос пула и при наличии там события процесс получает уведомление об этом.

WS-DD (Declared Dependencies)

Идеей данного сервиса является то, что очень редко BPEL-процессы стартуют поодиночке. Гораздо чаще при запуске одного процесса должны запустить несколько вспомогательных процессов, или наоборот, запуск процесса невозможен без предварительного запуска других процессов. Предложенный веб-сервис решает эти проблемы, выделяя две особенности запуска BPEL-процессов:

- Отложенный запуск – запуск процесса невозможен без предварительного запуска других процессов.
- Каскадный запуск – при запуске процесса должны запуститься несколько вспомогательных процессов.

Причем эти особенности могут любым образом комбинироваться.

Указание специфики запуска процесса производится декларативно (т.е. описательно). Специфика запуска передается в «запускающий» процесс среди свойств экземпляра. Таким образом она может быть как общей для всего BPEL-интерфейса, так и модифицироваться для каждого конкретного экземпляра процесса, чем достигается необычайная гибкость применения сервиса.

Специфика запуска включает следующие разделы:

- Необходимые для запуска процессы (описание отложенного запуска) – список интерфейсов процессов, которые должны быть активны (системное состояние Running) для того чтобы данный процесс также перешел в состояние Running. Допускается задание дополнительной информации для интерфейсов, например можно указать конкретные `pid` процессов, фильтр по их свойствам (из сервиса реестра), фильтр по их состоянию, нужно ли дожидаться пользовательского запуска необходимых процессов или же запускать их автоматически, и т.д.
- Каскадные процессы (описание каскадного запуска) – список интерфейсов процессов, экземпляры которых должны быть созданы после запуска данного процесса. Допускается задание дополнительной информации для интерфейсов, например можно добавить экземплярам дополнительные свойства, указать, при каком

состоянии исходного процесса они должны быть запущены, и т.д.

WS-Configurator

Используется для начальной настройки экземпляра процесса. Устанавливает процессу дополнительные свойства из персистентного хранилища, а также сохраняет их там после завершения процесса. Работает с идентификатором конфигурации *cid*, которые можно опционально указать в свойствах процесса при его запуске. Таким образом каждый *cid* обеспечивает персистентное сохранение уникальной конфигурации.

Использование дополнительной функциональности.

Синхронизация процессов

Типичной особенностью сложного BPEL-процесса является его синхронизация с другими BPEL-процессами. Мы выделяем два способа такой синхронизации.

Первый способ. По количеству процессов при синхронизации:

- 1/1 – процесс ждет определенного состояния другого процесса, после чего он продолжает свою работу.
- 1/* – процесс ждет определенного состояния нескольких других процессов (состояния могут быть как одинаковыми, так и задаваться для каждого отдельного процесса), после чего он продолжает свою работу.
- Второй способ. По виду запроса на синхронизацию:
 - Клиентский – запрос на синхронизацию происходит на стороне процесса, который должен ждать синхронизации с другим процессом. Реализуется на основании данных WS-Registry, а именно получения состояния процесса по *pid*.
 - Серверный – через WS-Events процесс бродкастит событие изменения своего состояния, а все процессы, подписанные на это событие, получают либо *callback*-вызов, либо запись события в пул (в зависимости от вида подписки).

На основании разработанных улучшений BPEL были разработаны пользовательские компоненты, отвечающие за синхронизацию BPEL-процессов всех четырех типов.

Использование дополнительной функциональности.

Отложенный запуск процессов

Рассмотрим распространенную ситуацию в моделировании бизнес-процессов. Предполагается, что запущено несколько однотипных экземпляров BPEL-процесса, и при достижении хотя бы одним из них определенного состояния запускается контрольный бизнес-процесс (если он еще не был запущен ранее). Указание для запуска этого процесса описывается декларативно в свойствах BPEL-интерфейса процесса. Это позволяет избавиться от сложной системной логики внутри процессов, облегчить их понимание, а также, что немаловажно, избавиться от возможных ошибок в синхронизации процессов. В данном случае

используется такая функциональность WS-DD как отложенный запуск процессов.

Заключение

В ходе проведенных исследований были проанализированы возможности улучшения функциональности языка BPEL в аспекте простоты создания и изменения сложных бизнес-процессов неподготовленным пользователем. Спроектированы и реализованы улучшения функциональности языка BPEL в области работы с XML-данными, включающие компоненты для создания, редактирования и чтения XML-данных, а также компоненты для создания XPath-выражений. Спроектированы и реализованы улучшения функциональности языка BPEL в области настройки межпроцессных коммуникаций, включающие разнообразные веб-сервисы и системные BPEL-процессы, обеспечивающие поддержку реестра экземпляров бизнес-процессов, обработки кросспроцессных событий и автоматического и отложенного запуска экземпляров бизнес-процессов. Разработанная дополнительная функциональность языка BPEL позволяет носителям знаний о бизнес-процессах напрямую вкладывать свои знания в бизнес-модель организации, исключая такое промежуточное искажающее звено как специалист по компьютерному бизнес-моделированию.

Литература

1. Система менеджмента ГрГУ [Электронный ресурс] – Гродно, 2010. - Режим доступа: <http://smu.grsu.by>. Дата доступа: 05.10.2012.
2. «Подход к моделированию управляющих бизнес-процессов» [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.vernikov.ru/content/view/555/160/> Дата доступа: 05.10.2012
3. «Системы управления бизнес-процессами» [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.bpms.ru/intro/index.html> Дата доступа: 05.10.2012.
4. «BPM and SOA. Where does one end and the other begin?» [Electronic resource] – Access mode: <http://www.bptrends.com> Access date: 05.10.2012.
5. «SOA – шаг за горизонт» [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.uddi-russia.org/wspapers/paper35.htm> Дата доступа: 05.10.2012
6. «BPM and SOA. Where does one end and the other begin?» [Electronic resource] – <http://www.bptrends.com> Access date: 05.10.2012
7. «Business Process Execution Language for Web Services Specification, Version 1.1» [Electronic resource] – <http://xml.coverpages.org/BPELv11-May052003Final.pdf> Access date: 05.10.2012
8. «Web Services Business Process Execution Language Specification, Version 2.0» [Electronic resource] – Access mode: <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/14616/wsbpel-specification-draft.htm> Access date: 05.10.2012

Казенников А.О.,

Московский государственный технический университет
радиотехники, электроники и автоматики, аспирант
kazennikov@gmail.com

Трифонов Н.И.

Московский государственный технический университет
радиотехники, электроники и автоматики, доцент
trifonov@mirea.ru

Гибридный алгоритм синтаксического разбора для анализа новостных потоков

За прошедшее десятилетие произошел быстрый рост количества электронных лент новостей ведущих информационных агентств. Из-за этого человек практически не в состоянии прочитать и проанализировать все новостные сообщения. Разработка методов для автоматической обработки и агрегации новостных потоков позволяет существенно сократить объем материалов, необходимых для просмотра и анализа. Таким образом, задача автоматической обработки новостных лет является востребованной и актуальной. Кроме того, произошли существенные изменения в составе предлагаемого пользователю материала. Новостное сообщение обычно состоит не только из текста новости, но и обладает ссылкой на категорию, к которой она относится, также вероятно наличие краткого списка ссылок по теме, которые поместил редактор.

В ряде научных работ [1-5] рассматривается задача кластеризации новостей, в которых почти все системы ограничиваются поверхностными характеристиками текста. Основным способом представления текста в таких подходах является множество слов, встреченных в тексте (bag of words). Обычно для представления используются заголовки, текстовое содержание новостей. Однако данный способ анализа текста является поверхностным и не охватывает глубинные зависимости и структуру текста.

С другой стороны, за последние годы значительно усовершенствовались методы традиционного глубокого анализа текстов. Такой подход предусматривает последовательный анализ текста на морфологическом, синтаксическом и семантическом уровнях.

Вследствие этого можно предположить, что подходы к анализу новостных потоков, сочетающие в себе как поверхностные, так и глубинные методы анализа, будут, с одной стороны, сравнимы по скорости работы с поверхностными подходами, а, с другой стороны, позволят получить более высокое качество анализа, чем у только поверхностных методов.

Таким образом, задача анализа потока новостных сообщений является как задачей автоматической обработки текстов, так и задачей анализа потока данных.

Центральной задачей для анализа новостных потоков является проблема выявления схожих новостей. Она возникает как самостоятельная задача представления пользователю «сюжетов» - последовательности новостей, которые бы описывали произошедшее событие и его дальнейшее развитие. Также, она входит в состав задачи составления рекомендаций по новостям, которые могли бы заинтересовать пользователя, опираясь на содержание текущей. Кроме того, задача выявления схожих новостей возникает при автоматическом реферировании новостей, когда необходимо выявить первоначальный материал для реферирования.

Рассмотрим следующую задачу. Дан входящий поток новостных сообщений от разных информационных агентств. Необходимо разделить эти сообщения на группы новостей на основе «сюжетов». Под сюжетом подразумевается некоторое событие, произошедшее в реальном мире, и его контекст.

Поставленная задача может быть решена с помощью метода кластеризации новостных потоков, который обладал бы следующими характеристиками:

5. Онлайновый режим работы, предполагающий обработку интенсивного потока входящих сообщений. По предварительным оценкам поток новостей от 30 крупнейших информационных агентств и новостных ресурсов превышает 20 тыс. сообщений в сутки. Следовательно, максимальное время обработки одного сообщения не может превышать 8 секунд, а общее число сообщений, которое следует учитывать, составляет около 140 тыс. сообщений в неделю и более 600 тыс. сообщений в рамках одного месяца. Средняя длина новостного сообщения составляет 20 предложений или около 200-300 слов.

6. Плоская кластеризация. Предполагается кластеризация только новостных сообщений в отличие от иерархической кластеризации, когда кластеры в свою очередь разбиваются на кластеры.

7. Использование всей доступной информации, которую возможно получить из новостного сообщения. Предварительный анализ показывает, что кроме традиционных характеристик сообщения, таких как время написания, заголовков и текст сообщения, в большинстве случаев доступна краткая аннотация сообщения, а также несколько редакторских ссылок на связанные или похожие события.

Поскольку качественная оценка эффективности кластеризации системы в значительной степени неформальна, то для ее проведения предполагается использование предварительно аннотированного корпуса новостных сообщений, который был бы вручную размечен на сюжетные кластеры.

Проблема обработки новостей не является принципиально новой.

Традиционно обработка новостей рассматривается как задача информационного поиска. Основные современные результаты представлены в работах [1,2,3,6], где задача выделения групп новостей, объединенных одним сюжетом, решалась с помощью кластеризации.

Однако общая задача кластеризации текстов, и в частности задача кластеризации потока новостей по сюжетным группам имеет ряд особенностей.

Во-первых, в отличие от традиционных задач машинного обучения, задачи обработки текстовой информации обладают высокой размерностью данных. Это связано с тем, что большинство методов кластеризации работает с данными, представленными в виде векторов в пространстве R^n [5]. Представление текстовых данных в таком пространстве обычно осуществляется с помощью процедуры сопоставления каждого признака с функцией-индикатором данного слова. Таким образом, общая размерность задачи определяется общим количеством таких признаков. Из-за этого, общая размерность пространства достигает 100 тыс. - 1 млн. измерений [3,5]. При этом вектор признаков сообщения имеет только малую часть ненулевых значений функций-индикаторов. Наиболее популярны три вида алгоритмов: алгоритм k-средних, Scatter-Gather [5] и алгоритмы иерархической кластеризации. Однако все эти алгоритмы имеют существенные недостатки для использования в задаче анализа новостей. Все вышеуказанные алгоритмы являются оффлайнными — они предполагают одновременную обработку всего набора данных. Но для задачи анализа новостей это не совсем верно. Поток новостей не является фиксированным множеством, а следовательно для учета поступивших новостей пришлось бы заново вычислять все кластеры, поскольку оффлайнные алгоритмы не подразумевают возможности инкрементальной обработки. Кроме того, алгоритм k-средних предполагает, что количество кластеров заранее известно. Более того, различные оптимизированные версии этого алгоритма предполагают относительно небольшую размерность данных. Алгоритмы же иерархической кластеризации требуют нескольких проходов по каждому экземпляру данных.

Во-вторых, основные алгоритмы кластеризации работают на заранее фиксированном множестве данных. Они не предполагают возможности добавления нового элемента без пересчета всех кластеров.

В-третьих, значительная часть алгоритмов предполагает, что число кластеров, на которые нужно разбить всю совокупность, заранее известно. Для многих задач это верно, но для задачи кластеризации новостного потока это не соблюдается.

В-четвертых, оптимизированные версии основных алгоритмов кластеризации предполагают низкую размерность данных. Их использование на массивах данных высокой размерности приводит к резкому росту времени обработки.

В ряде работ [2,3,6] для кластеризации предлагается следующий алгоритм приблизительной кластеризации. Первоначально множество кластеров пусто. Для каждого нового сообщения выполняются следующие операции:

- Оценивается расстояние вектора нового сообщения до центров всех кластеров.
- Если минимальное расстояние больше некоторого наперед заданного числа, то новое сообщение помещается в отдельный кластер.
- Если нет, то в один (или несколько ближайших).
- Пересчитываются центры измененных кластеров.

Особенностью алгоритма является то, что решение о принадлежности какой-либо точки принимается только один раз, в этом смысле алгоритм является линейным по времени.

Кроме того, в представленных работах [2,3,4,6] предполагается, что кластеризация для выявления новых информационных сообщений производится только на основе текстового материала. Из-за этого не учитывается довольно большой объем мета-информации: даты публикации материала, наличие взаимных ссылок между статьями, дополнительные ссылки по теме.

Альтернативным подходом является алгоритм иерархической кластеризации [1,4]. Алгоритмически он состоит из двух шагов. Начальный шаг — каждый вектор кластеризуемого множества является отдельным кластером. На каждом следующем шаге находятся два ближайших кластера и сливаются друг с другом. Затем этот шаг повторяется до тех пор, пока не останется один кластер, объединяющий всю обучающую совокупность. Преимуществом этого алгоритма является то, что кластеры организованы иерархически — можно выбирать степень обобщения. Однако сложность этого алгоритма является довольно большой: необходимо выполнить n раз шаг кластеризации, кроме того, каждый поиск ближайших точек для кластеризации занимает как минимум линейное время, а в общем случае — квадратичное. Таким образом, общий алгоритм иерархической кластеризации обладает кубической сложностью.

Наиболее полное описание методов кластеризации новостей для поиска новых информационных сообщений представлено в [3]. В этой работе описывается система Geospace & Media Tool, которая позволяет агрегировать поток новостей. При ее создании приоритетными вопросами была обработка каждой новости только один раз, а также возможность получения результатов кластеризации в любой момент времени, работоспособность без каких-либо предположений о количестве кластеров, динамическая подстройка под материалы новостей.

В указанной работе представлена так же схема ранжирования релевантности слов при кластеризации. При составлении вектора признаков для какого-либо сообщения каждое слово взвешивается

относительно метрики TF-IDF [7]. TF-IDF является методом оценки важности слова относительно всей коллекции документов. Он заключается в взвешивании частоты некоторого слова в документе с помощью обратной частоты документа – числа документов в котором это слово присутствует. Таким образом, уменьшается вес малоинформативных слов, которые встречаются в большом количестве документов – например, служебные слова или связки. Основным алгоритмом кластеризации совпадает с алгоритмами, приведенными в работах [1,3]. Однако в самой схеме кластеризации есть существенные изменения. На каждом шаге рассматриваются не все существующие кластеры, а только аппроксимация k ближайших кластеров. Для ее получения используется алгоритм LSH [3]. Он позволяет получать из фиксированного набора векторов для заданной метрики вероятные наиболее близко расположенные (с наперед заданной верхней границей ошибки) вектора к данному. Эффективные процедуры определены для следующих метрик: коэффициент Жаккарда и расстояние по косинусам. Для увеличения вероятности этот алгоритм используется несколько раз. На основе этого способа составляется таблица наиболее близких точек.

В рамках анализа новостного потока, кроме выделения новых информационных сообщений, важную роль играет разбиение уже существующих новостей по схожим темам. С помощью результатов данного этапа можно выделить как повторяющиеся новостные сообщения, не несущие смысловой нагрузки, так и уточняющие и дополняющие. Информация о том, что данные сообщения относятся к одной теме, используется на этапе частичного семантического анализа для разрешения смысловой омонимии, поскольку уже известно к какой общей теме относятся сообщения.

В отличие от задачи выделения новых информационных сообщений, эта подзадача требует меньшей оперативности решения и решается также с помощью кластеризации [1,8].

Другим способом разбиения сообщений по темам является использование вероятностных методов. В частности, на таких подходах основаны алгоритмы латентного семантического индексирования [8]. Алгоритмы данного типа предполагают, что имеется фиксированное число тем. В ходе работы алгоритма составляется матрица сообщений-на-термы, над которой проводится сингулярное разложение.

В качестве глубокого лингвистического анализа используются алгоритмы синтаксического анализа. Существует два наиболее используемых подхода к построению систем синтаксического анализа. Более традиционным считаются системы на основе правил [9]. Например, такой системой является лингвистический процессор ЭТАП-3 [9]. Правила для таких систем разрабатываются экспертами-лингвистами. Одним из основных недостатков такого подхода является то, что требуется огромный объем работы лингвистов для построения качественной системы.

Принципиально другим подходом к способу получения лингвистической информации является использование машинного обучения [9]. Тогда структура строится на основе закономерностей, выведенных алгоритмом из большого массива данных. Для этого используется корпус — набор текстов с размеченной синтаксической структурой. У этого подхода есть и слабые стороны: необходим большой корпус, для составления которого требуется много человеческих ресурсов; полученная модель может иметь слабую лингвистическую интерпретацию. С другой стороны, алгоритмы на основе машинного обучения работают очень быстро на этапе анализа.

Эффективными алгоритмами синтаксического анализа на основе машинного обучения являются подход на основе максимальных остовных деревьев и на основе системы переходов [9].

Перспективными являются гибридные анализаторы, которые сочетают в себе черты систем на основе правил и машинного обучения. Их основным достоинством является высокая точность построения синтаксических структур, а так же достаточно высокая скорость анализа.

Разработанный подход к кластеризации текста

В качестве алгоритма кластеризации выбран алгоритм пошаговой обработки каждого новостного сообщения, который использован, в том числе, в работах [2,3,4]. Его схема приведена ниже.

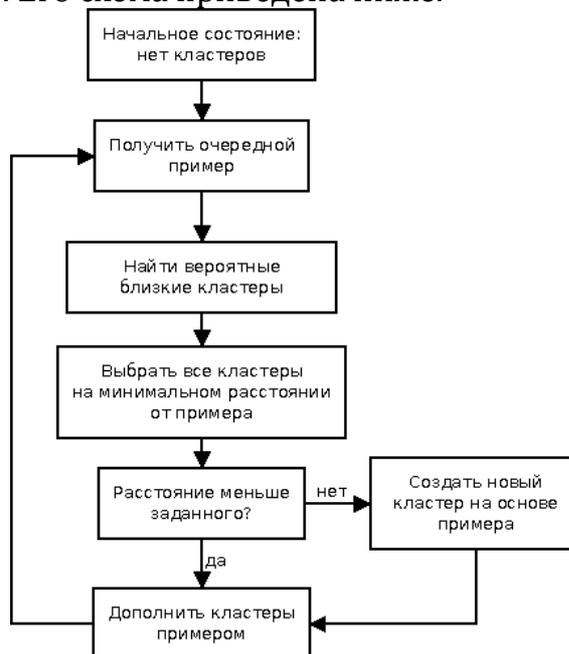


Рис. 1. Алгоритм онлайн кластеризации

Основная идея настоящего исследования состоит в использовании ряда дополнительных характеристик, извлекаемых из текста новостного сообщения с помощью глубокого лингвистического анализа текста.

Основными параметром, для процедуры кластеризации является модель признаков, которая используется для сопоставления

рассматриваемого новостного сообщения и некоторой точки в пространстве R^n . Другим важным параметром является метрика расстояния между сопоставленными точками в пространстве R^n . Основными метриками являются косинусное расстояние, евклидово расстояние, метрики на основе множеств. В настоящей статье, как и в работах [2,3], используется косинусная метрика:

$$d(x, y) = \frac{x \cdot y}{\|x\| \cdot \|y\|}$$

В качестве базовой модели признаков мы использовали основные поверхностные признаки текстовых сообщений, широко используемые в области информационного поиска [7]:

- множество слов, присутствующих в данном сообщении;
- их вес, рассчитанный по методике tf-idf для подколлекций документов за сутки, неделю и месяц;
- дата и время составления новостного сообщения;
- множество слов заголовка новости;
- заголовки редакторских ссылок.

Основное дополнение базовой модели состоит из двух разработанных процедур глубокого анализа текстов на основе синтаксического анализа новостного сообщения. В качестве синтаксического анализатора используется разработанный эффективный гибридный алгоритм [9], сочетающий в себе богатые лингвистические знания, представленные в виде правил с высокой скоростью и робастностью подходов на основе машинного обучения. Результатом синтаксического анализа предложения является дерево синтаксических зависимостей слов, входящих в него. В качестве примера рассмотрим синтаксическую структура предложения: «Истребитель МиГ-29, разработанный в интересах ВВС Индии, 4 февраля совершил первый полет» (рис 2.).

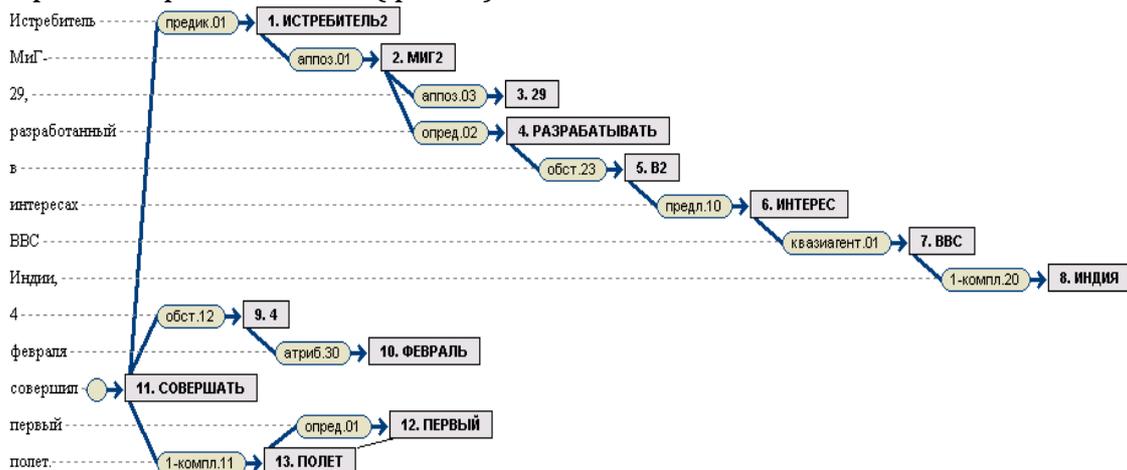


Рис. 2. Синтаксическая структура предложения «Истребитель МиГ-29, разработанный в интересах ВВС Индии, 4 февраля совершил первый полет»

К сожалению, полное представление синтаксического дерева достаточно сложно использовать для алгоритмов кластеризации: дерево синтаксических связей не является сбалансированным. Поэтому для кластеризации были разработаны два представления синтаксической структуры. Первое представление базируется на усеченной синтаксической структуре, включающей в себя только несколько верхних уровней синтаксического дерева. Тогда исходное предложение сократится до следующего: «Истребитель МиГ-29 4 февраля совершил первый полет» (рис 3).

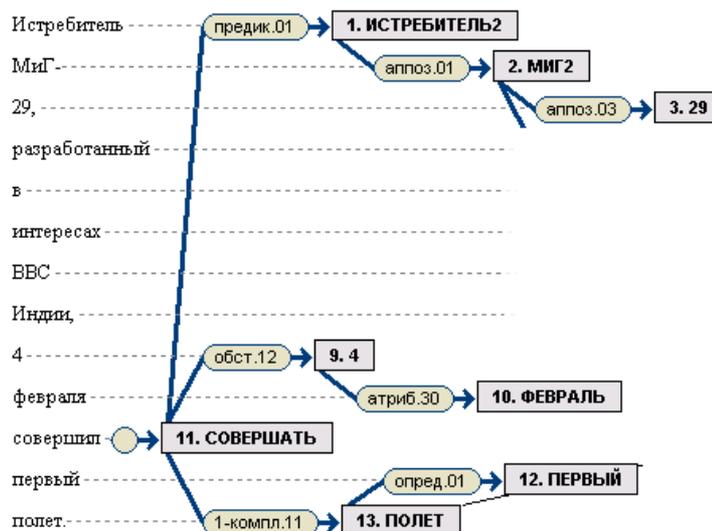


Рис. 3. Базовая синтаксическая структура, используемая для кластеризации новостей

Другим агрегированным представлением синтаксической структуры являются синтаксические группы – последовательности синтаксически связанных слов. Например, из приведенного выше предложения на основе структуры можно выделить следующие группы: «истребитель совершил», «совершил 4 февраля», «совершил первый полет», «истребитель МиГ-29», «истребитель МиГ-29, разработанный в интересах ВВС Индии», «разработанный в интересах ВВС Индии».

Для построения синтаксических групп разработана следующая рекурсивная процедура.

1. Для каждого узла синтаксического дерева:

- Получить все синтаксические группы его потомков.
- Добавить текущий узел в каждую синтаксическую группу его потомков

2. Отсортировать слова синтаксической группы в порядке следования в предложении.

3. Удалить все синтаксические группы короче двух слов.

Если применить эту процедуру ко всем узлам (словам предложения) то в результате будет построен полный набор синтаксических групп заданного предложения.

Таким образом, кластеризация основывается не только на поверхностных и линейных признаках текста, но так же учитывает и глубинные нелинейные, которые плохо охватываются поверхностной моделью признаков. Для представления синтаксических характеристик используются схема троек «источник-отношение-приемник». В качестве «источника» и «приемника» в тройках используются словоформы, части речи и леммы.

Кроме того, для уменьшения ресурсоемкости основного алгоритма используется процедура хеширования [3]. Процедура хеширования используется вместо таблицы соответствия признаков и координат, что позволяет с одной стороны не хранить в памяти такую таблицу, а с другой — гибко управлять размерностью пространства признаков.

Экспериментальные исследования

Для оценки параметров эффективности предложенной модели признаков была проведена серия экспериментов.

Поскольку целевые параметры кластеризации заданы в основном неформально, то для оценки качественных параметров использовался корпус из 2000 новостей, который был вручную размечен на сюжетные кластеры. Корпус составлялся по материалам сайта «Лента.ру». Размеченный корпус содержит около 500 новостных сюжетов.

Для проведения экспериментов использовалась следующая процедура. На материале корпуса без разметки запускался алгоритм кластеризации новостных потоков. Корпус служил синтетическим потоком новостных сообщений. После обработки всего корпуса сравнивались кластеры новостных сообщений, полученных с помощью алгоритма и сюжетные кластеры из разметки, полученные ручным аннотированием.

Оценивались следующие параметры эффективности системы:

Среднюю точность кластеризации, определяемую как:

$$p = \frac{1}{k} \sum \frac{n_c}{n_i},$$

где n_c – число новостей с корректно определенным кластером, n_i общее число новостей в кластере.

Среднюю полноту кластеризации, определяемую как:

$$r = \frac{1}{k} \sum \frac{n_c}{n_g},$$

где n_c – число новостей с корректно определенным кластером, n_g – эталонное число новостей в кластере. Так же оценивалась производительность алгоритма – количество обработанных сообщений в секунду.

Для оценки эффективности разработанной модели признаков использовались три модели:

- Базовая модель на основе поверхностных текстовых признаков.

- Расширенная модель I на основе базовой, дополненная признаками базовой синтаксической структуры.
- Расширенная модель II. Включает в себя признаки расширенной модели, а так же признаки синтаксических групп.

Результаты экспериментов представлены в таблице 1

Табл. 1 Результаты экспериментов

Наборы признаков	Точность, р	Полнота, г	Скорость, сообщений/сек
Базовый	0,78	0,83	4
Расширенный I	0,85	0,87	1
Расширенный II	0,91	0,89	0,3

Из таблицы видно, что использование расширенной модели признаков синтаксическими характеристиками значительно улучшает качество кластеризации, как в оценках точности, так и полноты. Кроме того, использование дополнительных признаков синтаксических групп дополнительно улучшает качество кластеризации. В тоже время, производительность всех моделей достаточна для обработки не менее 20 тыс. сообщений в сутки. Даже самый эффективный по качеству, но медленный по скорости алгоритм – на основе расширенной (II) модели признаков, позволяет обрабатывать около 3х сообщений в секунду, что соответствует более 28 тыс. сообщений в сутки.

Экспериментальные исследования показали, что предложенный алгоритм обладает достаточной производительностью для ежедневной обработки более 20 тыс. сообщений.

Алгоритм спроектирован таким образом, что при необходимости система признаков может быть расширена, что позволяет адаптировать представленный алгоритм для решения других задач.

Литература

1. Shen D., Yang Q., Sun J., Chen Z. Thread Detection in Dynamic Text Message Systems, Proceedings of the 29th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval SIGIR 06, ACM Press, pp. 35-42
2. Beringer J., Hullermeier E. Online Clustering of Parallel Data Streams, Data & Knowledge Engineering 58(2006), Elsevier,180-204.
3. Moerchen F., Brinker K., Neubauer C., Any-Time Clustering of High Frequency News Streams, The Thirteenth ACM SIGKDD Int'l. Conference on Knowledge Discovery and Data Mining: Data Mining Case Studies Workshop (DMCS), ACM Press, 23-31
4. McKeown K., Barzilay R., et al. Tracking and Summarizing News on a Daily Basis with Columbia's Newsblaster, Proceedings of HLT, Morgan-Kaufman, 280-285
5. Feldman R., Sanger J. The Text Mining Handbook, Cambridge University Press, 2007
6. Costa G., Mango G., Ortale R., An incremental clustering scheme for data de-duplication, Data Mining and Knowledge Discovery Volume 20 Issue 1, January 2010, Springer, 152-187
7. Казенников А.О., Трифионов Н.И., Тюрин А.Г., Исследование методов компьютерной лингвистики для задач повышения эффективности информационного поиска. Информатизация образования и науки № 3(7) 2010, 10-20

8. Yao L., Mimno D., McCallum A. Efficient Methods for Topic Model Inference on Streaming Document Collections, Proceedings of the 15th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 947-956

9. Казенников А.О., Куракин Д.В., Трифонов Н.И. Гибридный алгоритм синтаксического разбора для системы анализа новостных потоков, Информатизация образования и науки № 1(13) 2012, 90-97

Технологии организации хранения открытых связанных данных и использование их в образовании

В управлении информационными активами государственного сектора существует ряд проблем, которые не позволяют эффективно использовать имеющиеся оцифрованные ресурсы, в том числе для целей образования. В частности, многие активы, размещенные на веб-сайтах, приложениях и базах данных трудно использовать в машинно-читаемом режиме, поскольку возникают проблемы с получением необходимых схем, справочников или моделей данных, используемых при создании этих ресурсов.

Решение проблемы прозрачного доступа к информационным активам государственных ведомств позволило бы повысить степень используемости и востребованности данных. Значительная часть государственных данных может быть повторно использована путем публикации в форме открытых для научных и образовательных учреждений данных. Разработка модели хранения данных и опыт ее эксплуатации может стать стандартным вариантом описания данных локальных систем для повышения совместимости систем, что позволит организовать эффективный поиск необходимых данных, хранящихся в локальных системах и репозиториях.

Опыта в описании и представлении информационных ресурсов государственного сектора отдельных государств показывает эффективность публикации данных в открытом доступе. Это способствует повышению качества образования, предприятия малого и среднего бизнеса используют эти данные для представления новых продуктов и сервисов. Одной из наиболее динамично развивающейся технологией является вэб. Рассмотрим возможности вэб технологий для реализации публикации связанных открытых данных.

Архитектура RDF приложения

Для интеграции разнородных приложений в среде вэб используется RDF приложения, работающие с ресурсами, описанными в формате RDF. Особенность RDF приложений заключается в том, что в таких приложениях данные представлены в форме триплетов: субъект - предикат - объект. Поэтому данные из обычного (реляционного) формата представления конвертируются в формат триплетов и размещаются в базе данных, доступной для сервера приложения.

В базу данных триплетов данные попадают из двух источников: путем конвертации данных из реляционных и прочих не RDF форматов и

данные поступающие в систему в формате RDF.

Приложение RDF имеет ряд отличий в архитектуре (рис. 1), которые дают возможность выполнять задачи интеллектуального поиска, интеграции данных, управления контентом и т.д. Архитектура RDF приложения, в отличие от традиционной архитектуры, включает такие элементы как хранилище RDF, где хранятся триплеты, образуемые из словарей и источников данных, семантический анализатор, конвертер в RDF, инструмент запросов.

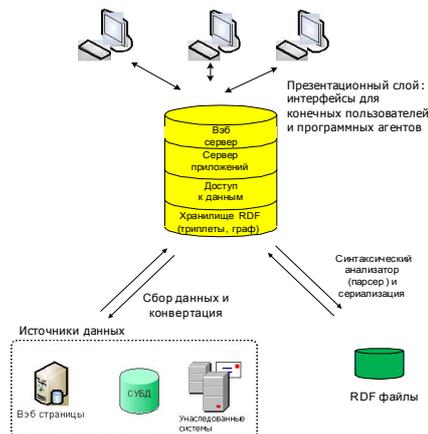


Рисунок 1. Архитектура RDF приложения

Конвертация данных реляционных схем или табличных данных в формат триплетов происходит путем преобразования названия поля в предикат. Для конвертации данных веб страниц в RDF необходимо чтобы веб страницы были оформлены в соответствии с правилами, которые позволят воспринимать структуру страницу в машинно-читаемом формате. Существует несколько вариантов таких правил: Микроформат (microformats), RDFa (W3C), OGP (Facebook) т.д.

Формат RDF является универсальным для представления данных, изначально хранящихся в разных информационных системах. С переходом на формат RDF снимается зависимость от необходимости следовать стандартам отдельных поставщиков реляционных баз данных.

Работа с данными, размещенными в хранилище RDF, осуществляется посредством языка запросов. Работа с базой данных триплетов имеет ряд особенностей по сравнению с реляционной базой данных, поэтому для извлечения данных из хранилища используется модификация SQL, предназначенного для работы с реляционной схемой. Консорциум W3C взял инициативу по стандартизации языка запросов и в результате был создан язык SPARQL. Особенностью этого языка состоит в том, что он ориентирован на работу с предикатами. Подобно тому, как в SQL запросах воспроизводятся связи между таблицами, запросах RDF отражается граф данных.

Построение федерации информационных источников и последующее выполнение запросов к данным, полученным из федерации, позволяет отделить процесс интеграции данных от работы с оперативными данными.

Этот метод интеграции в некоторой степени является аналогом метода ETL, поскольку после загрузки данных из источников они размещаются в хранилище RDF и последующие изменения в источнике никак не отражаются на данных хранилища.

Архитектура приложения RDF является технологической основой для реализации гибкого взаимодействия между системами по обмену данными. Для реализации обмена информации необходимо определить правила описания участников взаимодействия и состав обмениваемых данных в форме модели данных предметной области. Рассмотрим опыт, накопленный в области создания моделей структуры и моделей поведения для семантического веба. В качестве примера стандартизации описания структуры рассмотрим словарь, используемый в социальных сетях.

Взаимодействие участников, словари FOAF и SIOC.

Для описания данных участников социальных сетей используется онтологическая модель, фиксирующая данные физических лиц, их активность, взаимоотношения с другими людьми и т.д. Наиболее распространенным стандартом описания профилей пользователей социальных сетей является пространство имен FOAF.

Стандарт описания профиля участника социальной сети представляет собой словарь, который специфицирует наиболее важные характеристики деятельности участника социальных сетей. Этот словарь определяет общие характеристики человека, представленные на персональной странице, а также описание связей между участниками знакомых друг с другом.

Документ формата FOAF представляет собой XML документ, оформленный по синтаксическим правилам RDF и OWL. Словарем FOAF задается ряд категорий, которые являются базовыми, такие как foaf:Person, foaf:Document, foaf:Image foaf:mbox. Между отдельными представителями этих категорий может быть установлены несколько специфичных типов отношений, например отношение foaf:depiction устанавливается между изображением и персонами. Используя связи, документ FOAF может дать ответ на вопрос «Кто изображен на этой фотографии». Помимо этого в FOAF используется связь foaf:knows указывающая на знакомство между отдельными участниками. На рисунке 2 представлены основные термины словаря FOAF и связи между ними.

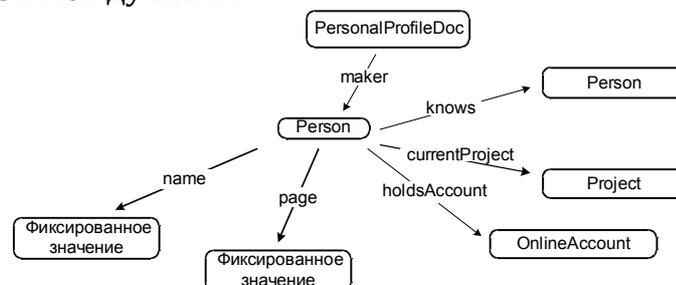


Рисунок 2. Основные классы словаря FOAF и связи между классами
 Источник: (Weitzner D. Kagal L.)

Таким образом, FOAF определяет конструкцию, которая позволяет выполнять ряд задач, характерных для предметной области «социальные сети». Стандартный формат публикации данных позволяет оперировать с распределенными ресурсами как с единой базой данных, выполнять разные категории запросов к имеющимся в интернете ресурсам. Помимо этого проработаны процедуры регулирования прав доступа к информационным ресурсам.

Вторым словарем организации активности в интернет пространстве, ориентированным на расширенное описание участников интернет сообщества с учетом активности в форумах описывает модель [Semantically-Interlinked Online Communities \(SIOC\)](#)²², которая отражает деятельность участников, связанную с публикацией сообщений в форуме, а так же имеет возможность отражать тематическую классификацию отдельных сообщений форума.

Основными классами этой спецификации выступают Форум (Forum), Сообщения форума (Post), Сайт, на котором размещен форум (Site). Тематическая классификация представлена классом Тема (Topic). На рис. 3 приведена схема основных классов SIOC, на которой отражается ролевое управление пользователями, деление пользователей на группы. Форумы и сообщения форумов имеют принадлежность к контейнеру. Помимо контейнеров, все сообщения форума могут быть распределены по тематической классификации (Класс Topic).

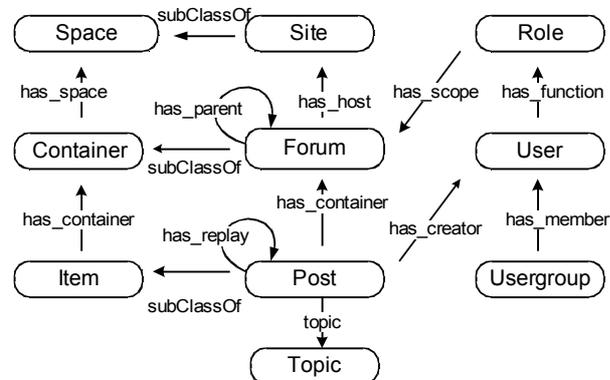


Рисунок 3. Схема связи между отдельными классами словаря SIOC

Модели тезауруса, словарь SKOS

Тематическая классификация получила свое развитие в словаре Система организации элементарных знаний (Simple Knowledge Organisation System, SKOS)²³. SKOS ориентирован на отражение тезаурусов. Под тезаурусом понимается список терминов, выделенных из документов, способных отразить концептуальные моменты предметной области посредством описания элементарных единиц, определенных таким

22 <http://www.w3.org/Submission/2007/02/>

23 <http://www.w3.org/TR/2009/REC-skos-reference-20090818/#vocab>

образом, чтобы избежать двусмысленности. Термины связаны между собой несколькими типами отношений, отражающих иерархические, ассоциативные и эквивалентные взаимосвязи²⁴. Посредством тезауруса можно обеспечить карту того как организована определенная тема путем классификации отдельных терминов темы, относящихся к конкретной предметной области²⁵.

При описании предметной области посредством тезаурусов применяются два основных варианта. Первый заключается в представлении тезауруса в виде набора взаимосвязанных терминов с совокупностью семантических отношений различных типов. Это вариант представления считается классическим, ему следуют стандарты ISO и ANSI / NISO (ISO, 1986) (ISO, 1985), которые описывают тезаурус как набор терминов, связанных с иерархическими отношениями, ассоциативными связями и отношениями эквивалентности.

Второй вариант представляет тезаурус как совокупность концепций, имеющих семантические отношения. Термины в этом случае отражаются в виде конструкции, в которой концепции связаны с лексическими этикетками (label) с помощью лексических отношений.

Второй вариант моделирования тезауруса с использованием концепций и лексического отражения. Это дает возможность использовать два типа связей: связи между концепциями отражают более важные с содержательной точки зрения связи - иерархические и ассоциативные, а на втором уровне устанавливаются связи между терминами, отражающие использование и обозначение этого термина в конкретной ситуации – сокращения, форма общепонятного использования, термины технического языка и т.д.

Тезаурус на основе терминов позволяет представить сложные понятийные схемы близко к традиционной модели, как это используется в естественном языке. Тезаурус на основе концепции позволяет более точно описать информационную структуру, хотя они изначально не являются интуитивно понятными (рис.4).

Наличие лексического уровня позволяет достаточно просто решить проблему отражения концепции на разных языках, когда в соответствие одной концепции ставится несколько терминов, отражающих это понятие на конкретном языке.

Концепция представляет собой идею, понятие или единицу мысли, которая является абстрактным объектом, не зависящим от терминов,

24 Wersig, G. (1971). *Das Krankenhaus-Informationssystem (KIS): Überlegungen zu Strukturen und Realisierungsmöglichkeiten Integrierter Krankenhaus-Informationssysteme*. [Информационные системы здравоохранения: соображения о структуре и возможности реализации интегрированных информационных систем здравоохранения.] Munich-Pullach, Germany: Verlag Dokumentation.

25 [Francisco Javier Martínez Mendez](#) and [José Vicente Rodríguez-Muñoz](#). Advantages of thesaurus representation using the Simple Knowledge Organization System (SKOS) compared with proposed alternatives [Juan-Antonio Pastor-Sanchez](#), . <http://informationr.net/ir/14-4/paper422>.

которые могут использоваться для его обозначения. Уникальность концепции определяется URI, что позволяет повторно использовать и организовывать ссылки. Концепции могут быть связаны с концептуальными схемами (Concept Scheme) - совокупностью одного или нескольких SKOS понятий. Схема может иметь одну или несколько концепций более высокого порядка, которые возглавляют иерархическую структуру. Концепции являются начальным пунктом для поиска и решения навигационных задач пользователей. Основные термины словаря SKOS приведены на рис.5.

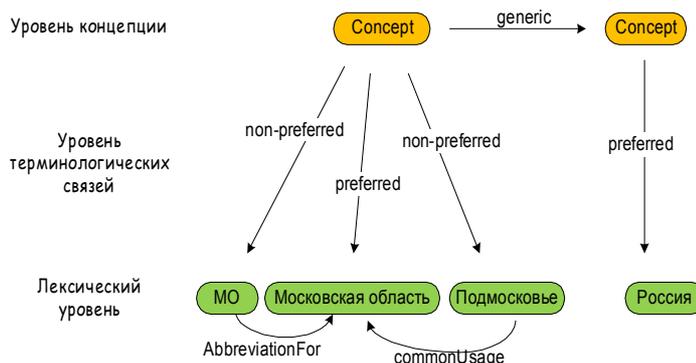


Рисунок 4. Уровень концепции и лексический уровень в модели тезауруса SKOS

Названия, представленные в виде выражений естественного языка, отражаются посредством класса Метки (Lexical Labels). В SKOS метки могут быть предпочтительными, альтернативными или скрытыми (preferred, hidden, alt). Метки могут быть связаны между собой, а также иметь связи с ресурсами концепциями, схемами и коллекциями.

Между концепциями устанавливаются семантические отношения, посредством которых передается присущий предметной области смысл. В модели SKOS различается два основных типа отношений: иерархические и ассоциативные. Иерархическое отношение между двумя концепциями указывает, что один является более общим по отношению к другому. Ассоциативные отношения показывают на наличие какой либо связи между двумя понятиями, при этом связь не отражает присутствие более общего или конкретного в смысле понятий.

Полное информационное представление в машинно-читаемом формате предполагает широкий спектр позиций, описывающих концепцию на разных языках, снабженных нотациями. На рис. 6 видно, что концепция с URI http://zbw.eu/beta/external_identifiers/jel#A2 связана набором меток (labels) из двух словарей skos и rdfs: rdfs:label, skos:altLabel, skos:prefLabel. Концепции связаны между собой отношениями, выстраивающими иерархию (skos:narrower), что отражает детализацию следующего уровня.

Нотации дают возможность отобразить термин в более компактном виде, используя систему индексирования, присваивания числовых кодов. Это позволяет более компактно отображать концепцию при кодировании,

например в кодификаторе JEL для обозначения образование в области экономики обозначается A2.

Элементы документирования (Documentation properties) позволяют отразить неформализуемые элементы предметной области. Это реализуется путем описания концепций, отношений, наименований и прочих элементов. Описание может быть выполнено в форме развернутого определения термина, публикации заметок, примеров, редакторских замечаний, описания рамок использования заметок и т.д.

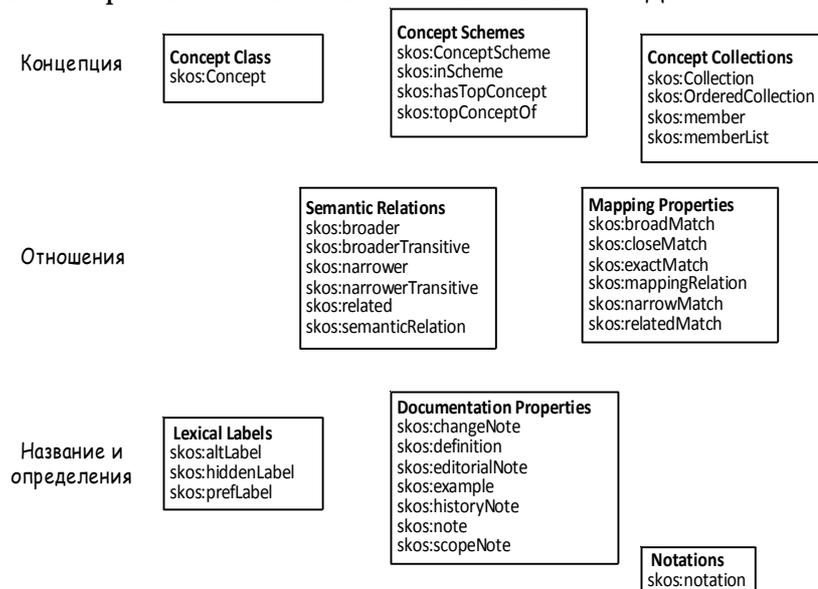


Рисунок 5. Термины словаря модели тезауруса SKOS

Концепции могут быть объединены в коллекции (Concept Collection, рис. 5), что позволяет выстраивать дополнительные семантические связи не только путем иерархии и ассоциаций, но и построением коллекции. У коллекции есть список участников коллекции, может быть определен порядок сортировки в списке участников. Одни и те же концепции могут быть задействованы в различных концептуальных схемах, что позволяет их повторное использование. При повторном использовании концепций у них могут возникать дополнительные функциональные возможности.

SKOS предоставляет возможность сопоставление функциональных возможностей концепций, включенных в различные концептуальные схемы посредством класса Mapping Properties. Это позволяет установить тип соответствия между понятиями, задействованными в разных коллекциях. Вариантами могут быть точное соответствие между этими двумя понятиями (exactMatch). Этот тип соответствия дает основание на детализацию, путем установления иерархической связи (более общее или конкретное представление) или может быть установлено соответствие типа ассоциация.

Таким образом, словарь SKOS представляет набор инструментов для гибкого описания предметной области с помощью тезауруса. Элементы словаря SKOS могут быть использованы в сочетании с другими элементами,

например с элементами Дублинского ядра Dublin Core

Основное применение словари SKOS находят в системах управления тезаурусами или приложениях для индексирования документов. Тезаурус, или любой другая схема классификации не включает утверждения, а перечисляют и описывают идею или смысл предметной области в форме понятиями. Эти понятия могут быть организованы в структуры, которые не имеют формальной семантики и не могут рассматриваться в качестве аксиом или фактов.

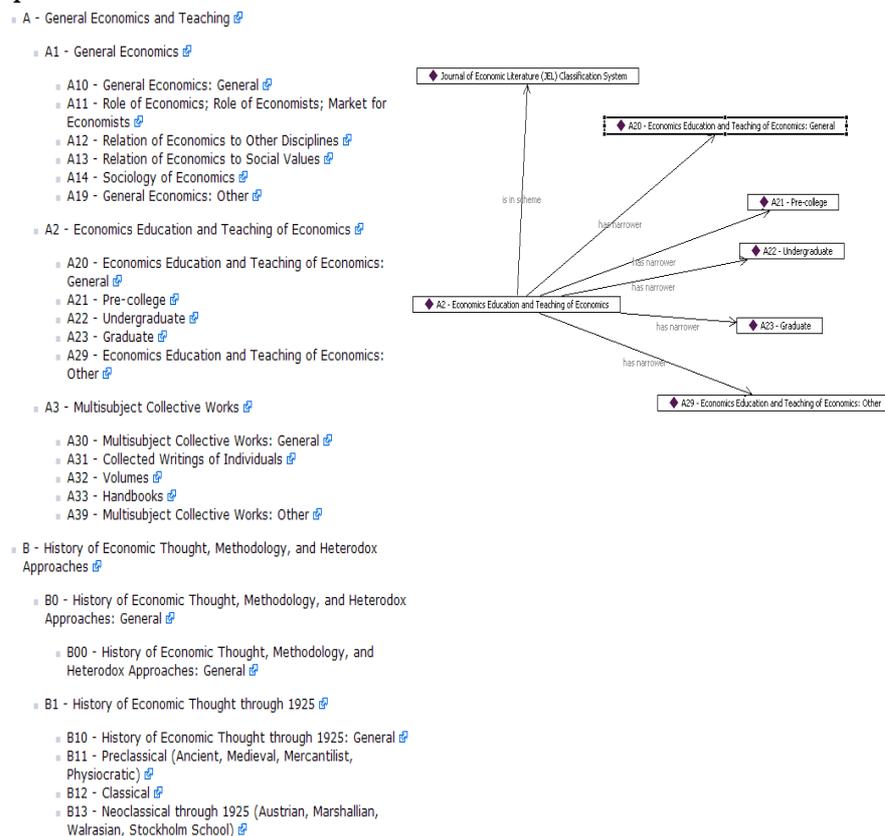


Рисунок 6. Представление кодификатора JEL в виде иерархии и графа SKOS

Знания предметной области, описанные в виде формальной онтологии выражается в виде набора аксиом и фактов. Построение онтологии предметной области и применение ее к тезаурусам это непростой процесс, поскольку при разработке тезаурусов ставилась задача создать инструмент для навигации и поиска информации, которая не предполагала создание без формальной семантики. Формат представления данных с использование словаря SKOS позволяет смоделировать тезаурус, а инструментом для формулирования аксиом и обработки данных является язык OWL, т.е. построения онтологии нужно применять язык OWL, который предполагает выполнение операций над данными.

Словарь SKOS использовался для классификации основных направлений деятельности Евросоюза и Европарламента в проекте Евросоюза по формированию тезауруса (Multilingual Thesaurus of the

European Union)²⁶. Тезаурус содержит термины на 22 языках Евросоюза. Использование стандарта SKOS позволяет представить документы в машинно-читаемом формате, что облегчает публикацию документов и обмен ими через Интернет.

Связанные данные, словарь DCAT

Особую значимость в области государственного управления имеют связанные данные, поскольку разные ведомства оперируют с одними и теми же объектами, совершая с ними разного рода операции. Создание и использование инструмента, который бы позволял организовать связывание наборов транзакций, относящихся к одному и тому же объекту, способно серьезно повысить эффективность информационного обмена.

Если касаться технической стороны вопроса, то связывание данных осуществляется на основе URI: определяется ресурс, на котором будет размещаться информация относительно термина или объекта и присваивается URI (Uniform Resource Identifier). Для каждого термина контролируемого словаря и объекта определяется URI на основе протокола http. Это означает, что когда кто-то встречает объект или термин с таким URI, он может посмотреть описание этого объекта или значение термина, набрав URI в адресной строке своего браузера. Такой формат представления данных позволяет понять значение этих данных как пользователю, так и программному агенту.

Например, присвоив уникальный URI определенной компании можно получить последовательность отдельных этапов жизненного цикла: регистрация, собрания акционеров, получение лицензий, приобретение производственных мощностей, деятельность на отдельных секторах рынка, финансовую отчетность по периодам. Получив эти данные, портал открытых данных представляет их в формате триплетов и дает возможность пользователям формировать запросы с помощью SPARQL.

Для публикации связанных открытых данных W3C Консорциум сертифицировал словарь Data Catalog Vocabulary (DCAT), разработанный для стандартизации взаимодействия между каталогами данных, опубликованных в вэб (<http://www.w3.org/ns/dcat#>) DCAT. При публикации наборов данных с использованием словаря DCAT повышается возможность приложений по нахождению наборов данных и использованию метаданных для множества каталогов. Это позволит задействовать распределенные каталоги данных и реализовать федеративную систему поиска.

Словарь DCAT (рис.8) использует ряд терминов из других словарей в частности [Dublin Core](http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/) (DC) (<http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>), и FOAF, SKOS (<http://xmlns.com/foaf/0.1/>). Принципиальным нововведением словаря DCAT является класс Набор данных (dcat:Dataset). Набор данных состоит из записей (Record). Наборы данных категоризованы в каталоги,

²⁶ <http://eurovoc.europa.eu/drupal/?q=navigation&cl=en>

для описания которых используются термины словаря SKOS.

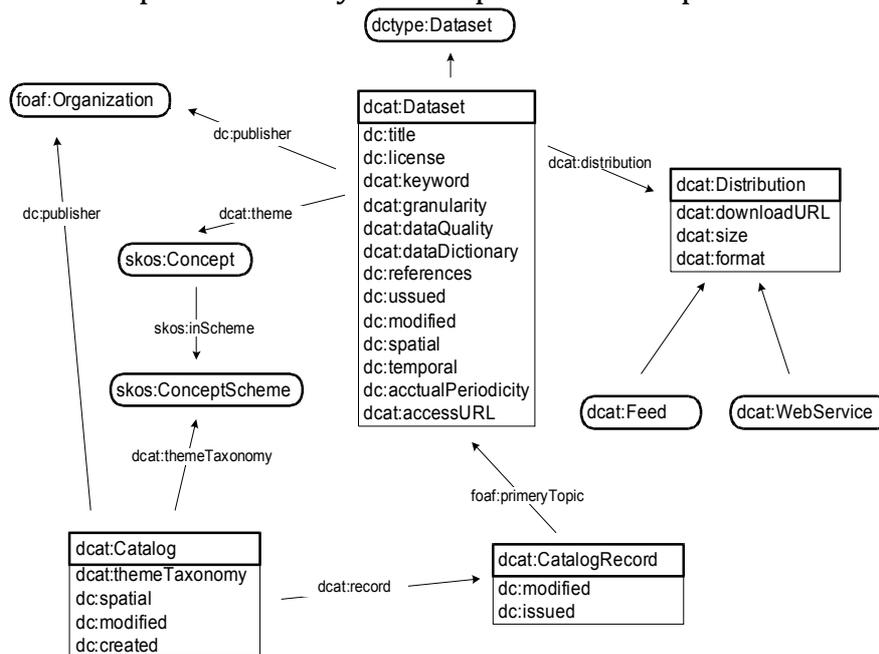


Рисунок 8. Основные классы, их свойства и отношения между классами словаря DCAT

Открытые связанные данные публикуются для предоставления пользователям доступа к данным без получения дополнительных разрешений. Доступ к данным осуществляется посредством класса `dcat:Distribution`. Доступ может быть предоставлен через подписку (`dcat:Feed`) или через программный интерфейс (`dcat:WebService`).

Ряд стран ведут активную деятельность по публикации открытых данных: США (<http://data.gov>), Великобритания (<http://data.gov.uk>), Евросоюз (<http://lod2.eu>).

Предварительным этапом работы по публикации открытых данных является создание стандартных идентификаторов в формате URI для всех базовых объектов, информация о которых будет размещаться в интернете. Через эти этапы прошли правительства Великобритании, США, выполнив большую работу по созданию стандартных идентификаторов, для таких сущностей, как школы и дороги, государственные органы и их функции и т.д. Эта дает возможность многим государственным организациям публиковать данные не только федерального уровня, но на уровне городов, штатов, провинций, уездов, и т.д.

Ряд неправительственных организаций, в частности, Мировой банк и отдельные департаменты ООН публикуют свои данные в формате RDF. По состоянию на конец 2010 года Соединенные Штаты и Великобритания были единственными, кто публиковал данные в формате RDF.

Литература

1. Cyganiak, R. (12 04 2011 г.). State of play in linked open data . Получено 15 06 2011 г., из http://www.slideshare.net/init_brussels/cyganiakrichardstateofplaylod

- data.gov. (10 2011 г.). Semantic Catalog (RDF). Получено 12 2011 г., из <http://www.data.gov/semantic/data/alpha>
2. Florian Bauer, & Kaltenböck, M. (2012). Linked Open Data: The Essentials A Quick Start Guide for Decision Makers. Получено из www.semantic-web.at/LOD-TheEssentials.pdf
3. Francisco Javier , Martínez Mendez, & José Vicente . (05 2012 г.). Advantages of thesaurus representation using the Simple Knowledge Organization System (SKOS) compared with proposed alternatives Juan-Antonio Pastor-Sanchez. Получено 05 2012 г., из <http://informationr.net/ir/14-4/paper422>.
4. ISO . (1985). ISO 5964:1986 Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri.
5. ISO . (1986). ISO 2788:1986 Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri.
6. W3C. (2011). Data Catalog Vocabulary project. Получено из http://www.w3.org/egov/wiki/Data_Catalog_Vocabulary
7. W3C. (2011a). Data Catalog Vocabulary project. Получено из <http://www.w3.org/TR/vocab-dcat/>
8. Weitzner D. Kagal L., B.-L. T. (б.д.). Promoting Interoperability between Heterogeneous Policy Domains . Получено из DIG: [http://dig.csail.mit.edu/2006/Talks/1017-w3cws-rein/#\(1\)](http://dig.csail.mit.edu/2006/Talks/1017-w3cws-rein/#(1))

Любецкий В.А.

Институт проблем передачи информации РАН,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
заведующий лабораторией, профессор
lyubetsk@iitp.ru

Компьютерное моделирование в задачах регуляции работы генов и эволюции организмов

Аннотация

В докладе предполагается очертить контуры учебного курса «Модели и алгоритмы в биоинформатике», а также сформулировать и описать научные результаты по высоко актуальным проблемам математической биологии и биоинформатики. Доклад знакомит с тематикой одной из лабораторий Института проблем передачи информации РАН.

Введение

Сравнительно недавно Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки РФ открыла специальность 03.01.09 «Математическая биология, биоинформатика», по которой можно получить степени физико-математические, биологические и медицинские; и также – родственную специальность 03.01.08 «Биоинженерия», по которой можно получить степени биологические, химические, физико-математические. В решении проблем этой области огромное, часто решающее значение имеют хорошие алгоритмы, хорошие компьютерные программы для многопроцессорных вычислительных устройств и умелый счет по этим программам, так как объемы данных, вовлекаемых соответствующими моделями, находятся на пределе суперкомпьютерных возможностей. Подбор, хранение и сортировка данных в этой области, создание соответствующих баз данных, иногда узко специализированных, также представляют собой нетривиальные задачи.

В мире исследования в области математической биологии и биоинформатики занимают ведущее место, прежде всего, в связи с огромным спектром приложений, непосредственно связанных с человеком и его текущей жизнедеятельностью. Это, в частности, – медицина, фармакология, парфюмерия, пищевая промышленность, ветеринария, очистка среды от любых загрязнений (тяжелыми металлами, радиоактивными изотопами и т.д.).

Трудно переоценить и фундаментальную роль этих исследований. Общая тенденция естественных наук состоит в точном описании происходящих в природе процессов, в создании точно сформулированных теоретических моделей этих процессов. Такое описание должно быть «точно сформулированным», математическим. Биология, которая стоит за

этой специальностью, в значительной мере, – молекулярная биология, биология процессов, происходящих в клетке или между клетками, процессов, связанных с рождением, распадом, преобразованием, воздействием друг на друга биологических молекул (прежде всего, нуклеиновых кислот и белков). В последние десятилетия появились огромные базы данных геномной информации, одна из самых известных – GenBank, [1].

Молекула ДНК, по современным представлениям полный источник жизни, это – просто последовательность в 4х буквенном алфавите с типичной длиной около 3 миллионов букв у одноклеточных организмов (бактерий) и 3 миллиардов букв у многоклеточных организмов (животных). В упомянутой базе данных собрано огромное количество таких последовательностей. Их можно сравнивать между собой и, тем самым, извлекать новое биологическое знание не из эксперимента в традиционном смысле (как говорят, «мокрого опыта», «опыта в пробирке»), а из «компьютерного опыта». Компьютерный сравнительный анализ последовательностей из GenBank и других баз данных уже привел ко многим биологическим открытиям в области функционирования и эволюции клетки.

В последние годы сделан следующий шаг. Появились математические и компьютерные модели функционирования клетки и эволюции организма. Эти модели носят механистический характер, так как подлинная физика поведения биологических молекул описывается по современным представлениям квантовой теорией, слишком сложной для получения реальных решений. Однако и эти модели в основном не допускают пока строго математического решения, их исследование, предсказание на их основе биологических феноменов осуществляются с помощью моделирования, которое также требует многих часов и иногда многих суток работы суперкомпьютера. Мы обычно используем кластер MVS-100K в МСЦ РАН, [2], с использованием 2048 процессоров.

Заметим, что компьютерным моделирование в этой области приобрело нетривиальный характер также только в последние годы.

Мы приведем несколько примеров таких моделей, которые безусловно содержательно описывают биологические явления.

Проблемы и некоторые результаты моделирования

1. Классификация белков

Дано множество всех пластомных белков, например, из водорослей или, более обычно, из группы родственных водорослей. Найти кластеризацию (т.е. разбиение этого множества белков на попарно не пересекающиеся подмножества), так чтобы в один кластер попали «родственные» белки и только они. Образно говоря, «родственными» называют «один и тот же» белок, «две копии» одного белка, находящиеся в пластидах одного или разных видов. Эти кавычки поясняют еще так: эти белки «мало отличаются», как две последовательности, выполняют «одну и

ту же функцию» в клетке, имеют «общее происхождение» от некоторого предкового белка. Такие белки называют гомологичными (или: ортологичными). Итак, задача состоит в нахождении кластеров (семейств) гомологичных белков. Разумеется, кластеризация и различные алгоритмы для ее выполнения давно и широко используются, но эта задача далека от окончательного решения.

Нами предложен удивительно простой алгоритм для нахождения упомянутых кластеров, результаты алгоритма хорошо согласуются с биологическими наблюдениями. Математически говоря, набор семейств гомологичных белков можно определить как результат работы этого алгоритма; и это – типичная цель любой модели.

Эффективная суперкомпьютерная реализация этого и других упоминаемых ниже алгоритмов остается актуальной задачей.

2. Конкурирующие процессы связывания и движения (конкуренция РНК-полимераз)

Дана последовательность в 4-х буквенном алфавите, на которой отмечены направленные участки двух типов: одни называются генами, другие промоторами. Геометрия расположения генов и промоторов может быть произвольной, но она фиксирована. С каждым промотором, если он свободен, связывается молекулярная машина («полимераза») одного из фиксированного конечного числа типов. Полимераза имеет фиксированную длину и движется по направлению промотора, вообще говоря, вдоль всей последовательности. Таким образом, много разных полимераз одновременно связываются с последовательностью и движутся по ней, каждая в своем направлении (из двух возможных). Промотор «свободен» в данный момент, если в его пределах не находится никакой части никакой полимеразы. Ген «считывается», если некоторая полимераза прошла по его направлению от его начала до его конца. Частота считывания гена называется его «уровнем транскрипции». Каждый промотор для каждого типа полимераз характеризуется своей интенсивностью попыток связывания с ним полимераз этого типа. Можно считать, что концентрация любого типа полимераз достаточная, т.е. интенсивность отражает только качество самого промотора для данного типа полимераз. Попытка считается осуществленной, если промотор свободен в момент ее реализации. Для части типов после связывания происходит «абортный» процесс, состоящий в чередовании движения с конечной скоростью по направлению промотора на случайное расстояние и в мгновенном возвращении в исходное положение. Такие односторонние колебания продолжаются случайное число раз до тех пор, пока полимераза не отойдет на критическое расстояние от промотора. В этот момент полимераза отрывается от промотора и ее длина мгновенно уменьшается на известную величину, и движение в том же направлении продолжается. Для оставшихся типов абортный процесс отсутствует, движение начинается сразу после связывания, длина полимеразы не меняется.

Допустимо, что попытки образуют пуассоновский процесс, а полимеразы движется детерминировано с фиксированной скоростью, своей для каждого типа, вплоть до столкновения с другой полимеразой. После столкновения двух полимераз, движущихся друг за другом в одном направлении, скорость первой не меняется, а скорость второй ограничивается скоростью первой до тех пор, пока первая связана с последовательностью («элонгирует»). В случае встречного движения обе полимеразы покидают последовательность («терминируют»). Здесь биологический интерес представляют многие задачи, например: даны интенсивности попыток связывания всех промоторов, найти уровни транскрипции всех генов. Обратная задача: даны уровни транскрипции всех генов, найти интенсивности попыток связывания, которые приводят к наилучшему приближению этих уровней. Еще задача: даны простые законы изменения во времени уровней транскрипции генов и скоростей всех полимераз (в ситуации значительного изменения температуры), найти в том же смысле интенсивности попыток связывания. Большие проблемы возникают, если отказаться от предположения о детерминированном характере движения полимераз, что биологически более адекватно. Стохастическое движение полимераз строго описано нами, но получается слишком сложная задача даже для моделирования. Предложенное нами компьютерное решение доступно по адресу [3]. Простой случай, хотя биологически мало интересный, возникает, если предположить отсутствие abortивного процесса, равенство между собой всех скоростей полимераз и нулевые размеры всех промоторов и полимераз. Тогда задача сводится к специальному случаю теории встречных потоков с аннигиляцией. Дополнительные трудности возникают, если вместо последовательности рассматривается замкнутая («кольцевая») последовательность (т.е. ее буквы как бы равномерно расположены по некоторой окружности). Например, конкуренция на кольцевой последовательности с длиной в 17 тысяч букв (митохондриальный геном человека). В нем присутствуют полимеразы только одного типа, а три промотора расположены вблизи следующих позиций: 407 против часовой стрелки, 561 и 646 по часовой стрелке. Abortивные процессы отсутствуют. Сначала полимеразы не проходят полный круг, встречные потоки полимераз с трех промоторов сталкиваются и срываются. Поэтому дальние от промоторов гены имеют почти нулевые уровни транскрипции, что не соответствует биологической реальности. Это состояние кажется неустойчивым: в какой-то момент число связываний с одним из промоторов оказывается больше (на 10-20 полимераз), эти «лишние» полимеразы не аннигилируют, проходят полный круг и, в том числе, свой промотор. Последнее создает эффект роста интенсивности связывания с этого промотора, благодаря чему происходит рост числа «круговых» полимераз в одном направлении. Если случайно в достаточной мере возрастет число связываний с другого промотора, то направление процесса может поменяться. Направление редко меняется

несколько раз. Быстро устанавливается преобладающее направление потока полимераз. Как только число «круговых» полимераз в одном направлении превзойдет некоторый порог, интенсивность эффективного связывания с одним из промоторов и уровень транскрипции соответствующих генов будет постоянно увеличиваться. И так вплоть до заполнения полимеразми всей последовательности (с промежутками менее, чем длина полимеразы). Задача: описать эти режимы и бифуркации. Обычно на окружности в определенных местах имеются ещё «протекающие терминаторы». Это – сайты, которые в каждом из направлений пропускают только свою в среднем фиксированную долю полимераз. При мутациях, разрушающих эти сайты, возникают тяжелые заболевания. Какова динамика процесса в этом случае? Здесь геометрия расположения может быть также весьма разной. Такие протекающие промоторы присутствуют и в случае геометрии линейной последовательности. Кроме того, имеется конкуренция другого сорта: если два промотора перекрываются или очень близко расположены, то экспериментально установлено, что полимеразы, пытающиеся связаться с ними, мешают друг другу за счет диффузии в трехмерной окрестности этих промоторов. Здесь много и конкретных вопросов. Например, каковы средняя длина пройденного полимеразой участка и асимптотическое распределение этих длин.

3. Согласование набора деревьев (результат согласования – дерево видов)

Хотя каждый ген вместе с его регуляторной системой развивается внутри вида, эволюция гена, системы и эволюция вида, как правило, далеки друг от друга. Фундаментальная задача состоит в переходе здесь к непрерывному времени и к среде из генов, систем и видов. Мы рассмотрим более обычный подход: гены вместе с их системами эволюционируют в дискретном времени, как бы независимо друг от друга, а потом их нужно согласовать между собой относительно эволюции вида. Эволюция каждого элемента (гена, системы, гена-системы, вида) описывается своим деревом. Пусть эволюция гена задается деревом G_i («деревом гена»). Дан набор генов и соответствующих деревьев $\{G_i\}$. Найти дерево S («дерево вида»), которое в среднем наиболее близко к набору $\{G_i\}$. Программа решения этой задачи такова: каждому G_i сопоставить степень $c(G_i, S)$ отличия G_i от неизвестного S , а затем минимизировать функционал $c(\{G_i\}, S) = \sum_i c(G_i, S)$ по переменной S . Определить $c(G_i, S)$ как число отличий в эволюционном развитии гена от эволюционного развития вида. Для этого нужно определить список эволюционных событий и сопоставить дискретное время, текущее по дереву G_i , с дискретным временем, текущим по дереву S . Последнее требует определить отображение вершин из G_i в вершины и ребра из S (получается «сценарий эволюции» гена G_i вдоль дерева видов S). Нами предложены решения этих задач, причем алгоритмами не более, чем кубической (т.е. очень низкой) сложности, которые доступны по адресу <http://lab6.iitp.ru/ru/super3gl/>. В них неизвестное дерево видов S вместе со

сценариями эволюции генов строится индуктивно по мере возрастания мощности множества V листьев в S . А именно, на каждом шаге уже известны деревья S_1 (с множеством V_1 листьев) и S_2 (с множеством V_2 листьев) и соответствующие им наборы сценариев f_1 и f_2 . Эти деревья склеиваются в одно большее дерево S_1+S_2 с объединенными сценариями f_1+f_2 так, чтобы степень $c(\{G_i\}, S_1+S_2)$ была минимальной относительно всевозможных разбиений V на две части V_1 и V_2 . На той же идее основано построение сценария эволюции гена вдоль известного дерева S : роль меньших деревьев играют два поддерева в S . Эти поддерева должны иметь корни, находящиеся в одном временном слое. Мы предложили алгоритм, который разбивает множество ребер в S на временные слои, так что между ребрами из одного слоя возможны одномоментные события. Однако остается проблема обоснования такого разбиения.

4. Реконструкция вторичной структуры вдоль дерева (на примере реконструкции аттенуаторной регуляции)

Нам нужны представления о первичных и вторичных структурах, об аттенуаторной регуляции. Некоторые регуляторные участки («первичные структуры»), будучи скопированы (т.е. оторваны от целого генома) образуют еще и «вторичные структуры» (ВС); каждая ВС состоит в спаривании букв A с T и G с C (водородной связью пар и специальной связью соседних пар). Биологические ВС содержат в той или иной комбинации до тысячи и более спиралей. Такое спаривание происходит участками («плечами») некоторой длины. Спираль состоит из нескольких «гипоспиралей» – связанных спаренных участков: два максимально продолженных без разрывов плеча, соединенные своей петлей. Перед определенными генами важны вторичные структуры только определенного типа. Один из типов называется аттенуаторной регуляцией, ее существенная часть – пара альтернативных спиралей. Итак, дано дерево S (видов или белковых регуляторов) и каждому его листу приписана первичная структура. В ряде случаев из экспериментальных данных известны вторичные структуры, образующиеся в этих первичных структурах. Однако эти вторичные структуры не даны в задаче и далеко не всегда известны, их нахождение – цель задачи. Когда они известны, то используются для независимого контроля решения. Нужно найти соответствующее эволюции распределение (конфигурацию) структур: первичных во внутренних вершинах дерева S и вторичных во всех его вершинах. Наше решение основано на гиббсовском подходе с функционалом энергии $H(\sigma)$, глобальные минимумы которого должны описывать варианты искомой конфигурации σ' . Точки σ' глобального минимума находятся методом аннилинга на основе стохастической динамики Метрополиса-Хастингса. Сам функционал $H(\sigma)$ является суммой трех слагаемых. Первое слагаемое отражает энергию парного взаимодействия двух первичных структур на концах каждого из ребер в дереве S . Точнее, оно отражает стандартную динамику первичной

структуры: вероятности замен букв согласно фиксированной матрице замен и вероятности вставок/стираний какого-то слова произвольной длины в произвольной позиции первичной структуры. Для каждой позиции скорость эволюции в ней определяется на основе гамма-распределения. Второе слагаемое отражает консервативность вторичной структуры вдоль каждого ребра и даже вдоль целых путей в дереве S с помощью сложного потенциала нелокального взаимодействия. Третье слагаемое отражает присутствие других элементов рассматриваемой регуляции (например, гена «лидерного пептида»). Первое и второе слагаемые требуют парного выравнивания: соответственно первичных и вторичных структур на концах ребра. Для этого мы развили процедуру выравнивания вторичных структур у двух первичных структур. Алгоритм аннилинга реализуется как неоднородная марковская цепь, переходные вероятности которой зависят от текущей конфигурации $\sigma(n)$ и параметра β_n , характеризующего условную температуру системы. Пусть последовательность конфигураций $\sigma(n)$ начинается с любой $\sigma(0)$ и β_n стремится к бесконечности так, что $\lim(\log(n/\beta_n))$. Тогда доказано, что $\sigma(n)$ сходится по вероятности к одной из минимальных конфигураций σ' ; так описывается всё их множество [4].

5. Конкуренция двух процессов (транскрипции и трансляции – аттенуаторная регуляция)

Еще об аттенуаторной регуляции. По последовательности друг за другом движутся две молекулярные машины, одна – полимеразы, другая называется рибосомой. Рибосома связывается со своим сайтом (аналогом промотора) перед специальным геном (геном «лидерного пептида») после того, как полимеразы уже связалась со своим промотором и ушла вперед на некоторое расстояние. Если рибосома догоняет полимеразу, то рибосома снижает скорость и движется вслед за полимеразой, не влияя на нее. Скорость рибосомы по определенному закону $v(c)$ зависит от концентрации c некоторого вещества (аминокислоты), не превосходя 45 букв/сек. На участке последовательности между полимеразой и рибосомой формируется вторичная структура (ВС) ω с наименьшей энергией среди всех возможных, которая по определенному закону снижает скорость $v(\omega)$ полимеразы. При отсутствии ВС ее скорость 42 букв/сек. Если в какой-то момент пониженная скорость полимеразы сочетается с ее нахождением на участке, имеющем много букв T (тогда связь полимеразы с последовательностью слабеет), то эта связь разрывается, и полимеразы покидает последовательность («терминация транскрипции»). Дана последовательность, по которой таким образом движутся полимеразы и за ней рибосома. Найти зависимость $p(c)$ частоты терминации транскрипции от величины c . Обычно $v(c)$ определяется по закону Микаэлиса-Ментен, вопрос о выборе $v(\omega)$ гораздо более сложный. Предложенное нами компьютерное решение доступно по адресу [5]. Эта задача включает два вопроса, имеющих большое самостоятельное значение. По первому из них мало, что известно: как

определить силу сцепления молекулярной машины (полимеразы, рибосомы и т.п.) с последовательностью, по которой она движется; каково влияние ВС на силу сцепления. Замечено, что эта сила убывает с уменьшением скорости движения полимеразы. Тогда: как ВС уменьшает скорость движения и как уменьшение скорости уменьшает силу. Напротив, по второму вопросу имеется много эмпирических исследований, но отсутствует теория. Как классифицировать ВС, биологически наблюдаются очень сложные ВС с множеством псевдоузлов; как приписать энергию данной ВС. Мало, что известно о классификации псевдоузлов и о декомпозиции ВС на какие-то элементарные ВС. Рассмотрим простейший случай, когда ВС состоит из одной спирали. Напомним: спираль состоит из нескольких гипоспиралей. Мы приписывали спирали энергию по формулам: для энергии связи равную $\frac{1}{RT} \cdot \sum_i E_i$ и для энергии петель равную $\sum_i \left(1.77 \cdot \ln(l_i + 1) + b + \frac{C}{l_i} \right)$, где i пробегает все гипоспирали у спирали и E_i – энергия i -й гипоспирали, вычисляемая по таблицам водородной связи и связи соседних пар (стекинга); l_i – длина петли у i -й гипоспирали, а B и C – некоторые константы. Следующая трудная проблема: пространство всех ВС слишком велико, желательно разбить его на кластеры («макросостояния») и уже кластеру приписывать энергию. Это разбиение должно быть эффективным и в этой связи поступают следующим образом. Диаграмма – это скобочная структура, в которой каждая пара скобок соответствует гипоспирали и помечена номером соответствующей спирали. Скобочная структура понимается так: последовательная пара пар скобок $()_1 ()_2 \dots$ соответствует последовательно расположенным гипоспиралам; расположение первой гипоспирали в петле второй гипоспирали представляется вложенной парой пар скобок $((\dots)_1)_2$. Так могут быть описаны и простые псевдоузлы: $(_1)_2)_1$. Макросостояние – это множество всех ВС (которые соответствуют «микросостояниям»), соответствующих данной диаграмме; это множество предполагается непустым.

6. Сочетание 3-мерной и 1-мерной диффузий

Промотор имеет небольшую длину (до нескольких десятков букв), а типичная последовательность имеет несколько миллионов букв (у бактерии). Полимераза плавает в клетке, и перед началом ее движения по последовательности должна связаться со своим промотором (сильное, «специфическое» связывание). Как полимеразы находят свой промотор? Последовательность (ДНК) расположена в клетке специальным образом, как кривая Жордана в соответствующем квадрате (у бактерий и архей). И ее геометрия играет важную роль. Существует следующее представление: специфическое связывание начинается с того, что полимеразы связываются с ближайшим к ней участком последовательности слабой («неспецифической») связью и движется в одном из двух направлений

(случайно выбираемых) некоторое случайное короткое время. Это – одномерная диффузия полимеразы вдоль кривой. Затем полимеразы отрывается (из-за слабой связи или столкновения) от последовательности и снова неспецифически связывается с другим участком кривой, который, если бы продолжать двигаться по кривой, расположен очень далеко от первого участка. Итак, после одномерной диффузии короткое время происходила трехмерная диффузия, а затем опять началась одномерная и т.д. до тех пор, пока полимеразы не приблизится к своему промотору. Задача состоит в исследовании такого сочетания двух диффузий с учетом вида или только характеристик кривой. Здесь много экспериментальных данных, но теория, насколько нам известно, ограничена. Взаимодействие спиралей РНК с рибосомой, ещё не начавшей трансляцию, но движущейся вдоль РНК в поисках иницирующего кодона, также связано с диффузией. Хотя сейчас реализовать моделирование диффузии слишком трудно, это позволило бы точнее определять иницирующие кодоны, в том числе, отличающиеся от обычного АТГ.

7. Происхождение видов

Рассматривается характеристика генома, определяемая числовой последовательностью x , в которой на i -м месте находится число m_i разных генов, каждый из которых имеет ровно i копий (копия гена – также ген). Числа m_i – неотрицательные и все целые или все вещественные, а с некоторого места в x идут одни нули. Обозначим $m(x) = m_1 + m_2 + \dots$ – число всех типов генов и $n(x) = m_1 + 2m_2 + \dots$ – число всех генов в геноме с характеристикой x . Пусть V – пространство всех допустимых последовательностей x и $f(x, t)$ – плотность геномов в точке x в момент времени t . Заметим, что в этой модели геномы и гены представлены только через их характеристики. Для точки x разрешены следующие переходы (соответствующие события происходят с генами и геномами).

1) $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle \dots, m_{i-1} + 1, m_i - 1, \dots \rangle$ потеря одного гена среди m_i , если $i \neq 1$ и $m_i \geq 1$, и $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle m_1 - 1, m_2, \dots \rangle$, если $i = 1$ и $m_1 \geq 1$; если $m_i = 0$ или $m_1 = 0$, то этот переход запрещен.

2) $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle m_1 + 1, m_2, \dots \rangle$ перенос, т.е. появление нового гена, представленного одной копией.

3) $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle \dots, m_i - 1, m_{i+1} + 1, \dots \rangle$ дупликация гена среди m_i ; при этом $m_i \geq 1$, иначе переход запрещен.

4) $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle m_1 + 1, \dots, m_{i-1} + 1, m_i - 1, \dots \rangle$ мутация гена среди m_i , если $i \neq 1$, и $\langle \dots, m_i, \dots \rangle \rightarrow \langle \dots, m_i, \dots \rangle$, если $i = 1$; при этом $m_i \geq 1$, иначе переход запрещен.

Для каждого из переходов определен свой вектор скорости (интенсивности) перехода, зависящий от точки x . Их сумму обозначим $A(x)$, она задает векторный потенциал. Скалярный потенциал определим как $-V(x)$, где $V(x)$ отражает внутреннюю согласованность («выживаемость») генома в точке x . Оба потенциала зависят от параметров, среди которых выделяются $m(x)$ и $n(x)$; некоторые параметры неизвестны, и их предполагается варьировать. Пусть $V(x)$ принадлежит классу V функций,

которые отличаются невысокими хаотично расположенными максимумами. Такие V соответствуют представлению: природа заранее не сделала выбора, какие геномы будут жизнеспособными в процессе их эволюции под действием векторного потенциала $A(x)$, но все-таки заложила в $V(x)$ небольшие предпочтения. Скалярный потенциал $V(x,t)$, вообще говоря, зависит еще от времени, т.е. сам подвержен некоторой динамике в пространстве V . Например, можно поставить вопрос так: в моменты времени t_i , определенные по пуассоновскому распределению с параметром μ , происходят катаклизмы. Это – достаточно резкие смены выживаемости, когда происходит переход от $V(t_i)$ к $V(t_{i+1})$, состоящий в перемещении и небольшом изменении локальных максимумов в $V(t_i)$ согласно некоторому распределению с одним параметром λ . Существует ли естественное распределение и значения параметров μ и λ , при которых с некоторого момента времени в пространстве V начинают формироваться кластеры (биологически – виды). Поясним последнее. Мы хотим описать область параметров, для которых существует момент времени t_0 , начиная с которого траектории обладают свойством: «почти вся масса $M(t) = \int f(x, t) dx$ сосредотачивается в нескольких дизъюнктивных кластерах», (*). Эти кластеры представляют характеристики возникших видов. Число кластеров можно заранее оценить через число известных видов, что послужит условием в задаче. Тогда t_0 представляет момент происхождения видов. Из численного моделирования известны значения параметров, при которых имеет место свойство (*). Мы не обсуждаем биологически более адекватную картину, в которой геном представлен более явным образом, как линейная последовательность натуральных чисел с повторениями, в которой каждое число – имя гена. В этом случае динамика генома получает более сложное описание.

7.1. Динамику характеристики $x=x(t)$ можно описать и по-другому. А именно, уравнением $x'=A(x)+\epsilon\xi$, где ξ – шум с некоторым генератором, определяемым потенциалами, и ξ – параметр. Можно предположить, что существует момент времени t_0 , начиная с которого имеется конечное число массивных кластеров с центрами масс x_1, x_1, \dots , переходы между которыми требуют экспоненциально долгого времени или невозможны, (**). Тогда эти x_j – характеристики возникших видов, а t_0 – момент происхождения видов. В духе теории Вентцель-Фрейдлина можно найти функцию $\Phi(x)$, для которой равенство $\Phi'(x)=0$ является необходимым условием для выполнения (**). Тогда x_j можно находить, решая это уравнение.

Литература

1. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
2. <http://www.jscc/>
3. <http://lab6.iitp.ru/ru/rivals/>
4. <http://lab6.iitp.ru/ru/anneal/>
5. <http://lab6.iitp.ru/rnamodel/>

A peer-to-peer model for location sharing services

Abstract

This paper describes a new model for sharing location information without the need for disclosing own identity info to third party servers. This idea could be described as a safe location sharing service. The proposed approach creates a special form of distributed database that splits location info and identity information. In this distributed data store identity info is always saved locally. It eliminates one of the main concerns with location-based systems – privacy. This article describes a model itself as well as its implementation in the form of HTML5 mobile web application.

Introduction

It is a well-known fact that the question “where are you” is one of the most often asked during the communications. 600 billion text messages per year in the US ask, “where are you?” – as per Location Business Summit 2010 data. A huge amount of mobile services is actually being built around this question so their main feature is user’s location exchange.

Location, while being only one of the sensor readings of a modern smart phone, is probably the first attribute (candidate) to share for mobile users. The typical applications are well known and include for example geo-tagged context, friend-finder, recommendation systems, turn-by-turn navigation, etc.

In location-based service (LBS) scenarios we can describe the following actors [2]:

- Intended recipient, e.g., the service company, friends, parents, etc. This usually involves the use of a service provider that offers to forward your location to the intended recipient.

- Service provider, e.g., Google providing you with the Latitude application, or a restaurant recommendation system for near-by places. In contrast to the intended recipient, users usually do not have a primary goal of letting the service provider know their location – it is a by-product of getting a restaurant review or staying in touch with friends.

- Infrastructure provider, e.g., your mobile operator. While self-positioning systems such as GPS can work without an infrastructure provider, mobile phone users are often implicitly located in order to provide communication services (for example, route phone calls).

Some papers mentioned also so-called unintended recipients [2]. For example, we can mention accidental recipient, illegal recipient and law enforcement.

Interesting also, that in the most cases talking about LBS we assume that

for a given system, the infrastructure provider needs to be trusted. In other words the need for sharing location data with infrastructure providers is non-discussable.

In the most cases location sharing is implemented as the ability for the mobile user (mobile phone owner) write down own location info in the some special place (special mobile application).

But it means of course, that user must be registered in this service (download some special application). And even more important – everyone who needs this information must use the same service too [1].

One of the biggest concerns for all location-based services is user's privacy. Despite the increased availability of these location-sharing applications, we have not yet seen wide adoption. It has been suggested that the reason for this lack of adoption may be users' privacy concerns regarding the sharing and use of their location information.

For example, the widely cited review of social networks practices [3] concluded that location information is preferably shared on a need to know basis, not broadcast. Participants were biased against sharing their location constantly, without explicit consent each time their location is requested. This suggests that people are cautious about sharing their location and need to be reassured that their private information is only being disclosed when necessary and is not readily available to everybody.

The key point for any existing service is some third party server that keeps identities and locations. We can vary the approaches for sharing (identity, locations) pairs but we could not remove the main part in privacy concerns – the third part server itself.

As mentioned in [4] peer opinion and technical achievements contribute most to whether or not participants thought they would continue to use a mobile location technology.

One possible solution is using peer-to-peer location sharing. The easiest way to apparently “solve” location privacy problems is to manually or automatically authorize (or not) the disclosure of location information to others. But we should see in the same time the other privacy issue that is not eliminated. Your location will be disclosed to (saved on) some third party server. For example, you can share location info in Google Latitude on “per friend” mode, but there is still some third party server (Google) that keeps your location and your identity

Typically we have now two models for location sharing in services. At the first hand, is some case of passive location monitoring with the future access to the accumulated data trough some API. It is Google Latitude for example. Possible problems are privacy - some third party tool is constantly monitoring my location and what is more important – saves it on the some external server as well as the shorted life for handset's batteries.

Another model for location sharing is check-in. It could be an active (e.g.

Foursquare), when user directly sets his/her current location or passive (e.g. Twitter) when location info could be added to the current message. A check-in is a simple way to keep tabs on where you've been, broadcast to your friends where you are, and discover more about other people in your community. But here we can see not only privacy issue - all my friends/followers can see my location but also a noise related issue - my location info could be actually interested only for the physical friends. For the majority of followers my location info (e.g. Foursquare status in Twitter's time line) is just a noise [1]

Lets us describe some existing approaches in LBS development that targets the privacy.

One of the most popular methods for location privacy is obfuscation [5]. Obfuscating location information lowers its precision, e.g., showing only street or city level location instead of the actual coordinates, so that the visible (within our system) location does not correspond to the real one. For example, in Google Latitude we can allow some of the users get our own location info on the city level only. Sometimes even the random noise could be added to the real location data [6]. But once again - it is just a visible location. The central point (points) for such a system can have all the information.

Some articles prefer the using term spatial cloaking and describe it as the most commonly used privacy-enhancing technique in LBS. The basic idea of the spatial cloaking technique is to blur a user's exact location into a cloaked area that satisfies the user specified privacy requirements [12].

Another popular approach in the area of location privacy is "k-anonymity" [7]. As per this approach the actual location is substituted by a region containing at least $k - 1$ other users, thus ensuring that a particular request can only be attributed to "1 out of k " people. Of course, this approach has the disadvantage that if the region contains too few people, it has to be enlarged until it contains the right number of people. But in general k-anonymity protects identity information in a location-oriented context [8]. In the same time the group-composing algorithm is complex and the member peers are dynamic. The big question again is it core-level protection or just a view. In other words what kind of data do have inside of our system - anonymous location info right from the moment data being put into our system or it is just a view and data internally saved in raw formats.

Of course, the deployment of location privacy methods depends on the tasks our system is going to target. For example, obfuscating location information in case of emergency help system could not be a good idea. But from other side many geo-context aware applications (e.g. geo search) can use approximate location info.

Also we need to highlight the role of identity in LBS. It looks like combining identity with location info is just an attempt for delivering more targeted advertising rather than the need of the services themselves. It is obviously for example, that local search for some points of interests (e.g., café) should work for the anonymous users too.

Our idea of the signed geo messages service (geo mail, geo SMS) based on the adding user's location info to the standard messages like SMS or email. Just as a signature. So with this service for telling somebody 'where I am' it would be just enough to send him/her a message. And your partner does not need to use any additional service in order to get information about your location. All the needed information will be simply delivered to him as a part of the incoming message.

It is obviously peer-to-peer sharing and does not require any social network. And it does not require one central point for sharing location with by the way. Our location signature has got a form of the map with the marker at the shared location. And what is important here – the map itself has no information about the sender and recipient. That information exists only in the message itself. The map (marker) has no information about the creator for example. That is all about privacy [1].

More traditionally, peer-to-peer LBS refer to the way sharing information is traversed over the network [13]. For example, the P2P k-anonymity algorithm has several steps: select a central peer who will act as a agent for the group, next, the central peer will discover other k-1 different peers via single-hop or multi-hop to compose the group and finally find a cloaked region covering all locations that every peer may arrive.

In our article we are using "peer-to-peer" term at the first hand for highlighting the target party for the location- sharing request. It is "another peer" directly, rather than the central server (data store).

In terms of patterns for LBS this approach targets at the first hand such tasks as 'Friend finder' and the similar. In other words it is anything that could be linked to location monitoring.

The biggest danger of such systems is the recording of location information by service providers. Because every time a location update is shared, the service provider gets an update and is thus able to create detailed behavioral profiles of its customers (Google Latitude). As it is mentioned in [2] an ideal privacy-aware location sharing system should be able to share location information even without a central service provider receiving a copy of the entire movement track. It is exactly what Geo Message does.

Geo Messages approach works and really eliminates identity revealing problems but it is pure peer-to-peer. What can we do if we need to monitor several participants simultaneously? It is simply not very convenient to jump from one message to another.

Here we bring a new peer-to-peer service that solves the privacy issues and lets you deal with several location feeds simultaneously.

The model

What if we split the locations and identity? In other words rather than using one server that keeps all our data we will switch to some distributed architecture.

WATN (Where Are They Now) [9] requires no sign-in. It combines anonymous server-side data with local personalized records.

We can separate location info and identity data just in three steps:

a) assign to any participant some unique ID (just an ID, without any links to the personality)

b) save location data on the server with links to the above-mentioned IDs

c) keep the legend (descriptions for IDs, who is behind that ID) locally

In this case any participant may request location data for other participants from third party server (as per sharing rules, of course), get data with IDs and replace IDs (locally) with legend's data. With such replacement we can show location data in the "natural" form. For example: name (nick) plus location. And in the same time the server (third party server for our users) is not aware about names.

What does it mean technically?

Server keeps two things.

a) location info with meaningless IDs:

ID1 -> (latitude, longitude)

ID2 -> (latitude, longitude)

ID3 -> (latitude, longitude)

Etc.

Just a set of current coordinates for users (presented via own IDs)

and

b) social graph – who is sharing location to whom:

ID1-> (ID2, ID3)

ID3 -> (ID1)

Etc.

Just a set of records states (as in example above) that user marked as ID1 shares location data with users ID2 and ID3

In the same time any local client keeps the own legend:

ID1 -> (name or nick)

ID2 -> (name or nick)

Note, that in this approach each client keeps own legend info. And because our clients are not aware about each other and there are no third party servers that know all registered clients. It means, obviously, that in this model the same ID may have different legends. Each client technically can assign own name (nick) for the same ID. Our social graph saves information (links between participants) using our meaningless IDs only. And the human readable interpretation for that graph can vary of course from client to client.

But that is probably very close to the real life, where the same person could be known under different names (nicks) in different contexts (e.g. compare some work environment and family space).

In general it is like keeping social graph, location and identity info in distributed database. But it is distributed on the level server-client rather than server-server.

On practice the structure could be a bit more elaborated. For example, in

the current implementation we are saving the history - historical set of (latitude, longitude) pairs, we can keep some text messages associated with the current position etc. But it is just a set of features that does not changed the main idea – server-side store for anonymous location data and distributed client-side store with personal data.

The algorithm

WATN has been implemented as mobile web application. HTML5 is significant there. Application uses W3C geo location [10] and local storage specification [11]. As per W3C documents HTML5 web storage is local data storage, web pages can store data within the user's browser.

Earlier, this was done with cookies. However, Web Storage is more secure and faster and our data is not included with every server request, but used only when asked for. It is also possible to store large amounts of data, without affecting the website's performance. The data is stored in key/value pairs, and web pages can only access data stored by them.

Storage is defined by the WhatWG Storage Interface as this:

```
interface Storage {  
  readonly attribute unsigned long length;  
  [IndexGetter] DOMString key(in unsigned long index);  
  [NameGetter] DOMString getItem(in DOMString key);  
  [NameSetter] void setItem(in DOMString key, in DOMString data);  
  [NameDeleter] void removeItem(in DOMString key);  
  void clear();  
};
```

The DOM Storage mechanism is a means through which string key/value pairs can be securely stored and later retrieved for use. The goal of this addition is to provide a comprehensive means through which interactive applications can be built (including advanced abilities, such as being able to work "offline" for extended periods of time).

User agents must have a set of local storage areas, one for each origin. User agents should expire data from the local storage areas only for security reasons or when requested to do so by the user. User agents should always avoid deleting data while a script that could access that data is running.

Mozilla-based browsers, Internet Explorer 8+, Safari 4+ and Chrome all provide a working implementation of the DOM Storage specification.

We are using local storage for saving legends for IDs as well as for the saving own ID.

As soon as the client calls the application we can restore his own ID from local storage (or obtains a new one from the server).

After that client saves location data on the server (it is check-in) and obtains shared location data (by the social graph). Server side part returns social graph data with ID's as JSON array. It is some like this:

```
[ {"id":ID1, "lat":lat1, "lng":lng1},
```

```
{“id”:ID2, “lat”:lat2, “lng”:lng2},  
...  
]
```

For our server-side database it is just a plain select (no joins) where our own ID is a key. It is very important, because complex database queries in geo systems can seriously affect the performance.

After that we can simply match that array against the local database with identities. Client modifies received data and replaces IDs with known names from local database. So, after that our client side application is ready to show location data with names instead of IDs.

If our system is unaware about some legend, than of course it shows “raw” ID instead of name or nickname.

We can see (control) who is sharing location with us, as well as who can read our location info.

Note, that using native JSON parsing and serialization methods provided by the browser, we can save the obtained data itself too. And technically it let us use the whole application in offline mode, playing with the last known data.

And by the similar manner we can see to whom we share our own location info, as well as cancel this link any time.

Where are the above-mentioned names (nicks) for IDs come from? WATN uses peer-to-peer sharing. It means that any user shares own location to another person directly. There are no circles, groups, lists etc. As soon as some user is going to show own location info to other person he simply sends notification about this to another email address (phone number in case of SMS). Actually the location could be shared to any person with known email address. So, this notification plays a role of invitation too.

Such notification contains some text with explanation "what is it" and, what is obviously should be the main part of this process, a special link to WATN. This link contains an ID for the request originating party.

As soon as this link is fired, WATN application (client) becomes aware about two IDs: own ID1 for this client (it is restored from the local storage – see description above) and ID2 from the "shared with you" link (originated request ID). So, if notification is accepted, we can add social graph record (on the server) like

ID2 -> ID1

(client with ID2 shares own location info with the client with ID1. Or, what is technically equal, client with ID1 identity may read location info for client with identity ID2)

But because the notification link comes from some message (email or SMS), the receiver is aware about the context. Simply, he knows either email header ('From') or phone number or name in address book SMS comes from. It means, that based on that info, our receiver may assign some nick (name) for ID in "shared with you" link. Actually it is a part of confirmation: confirm and set some name. And that name (nick) we can save locally. So, it is like "two phase commit"

in databases – save a new social graph record on the server and create a new legend (record for identity) locally.

And as a source for profile images (remember – there is no registration and profiles) we can use social networks (e.g. Twitter and Facebook). If you set a nick for new share that corresponds to Twitter's (Facebook's) account, the system can attach public photo from the social network.

Of course, as per above described scheme, the mutual location sharing could not be set automatically. The message with location sharing link is email (SMS) delivered outside of this application. So the application itself is completely unaware who is sending sharing message to whom.

It is obviously also, that in this schema each client has got own legends. We can have different names for the same ID (each client can technically assign own name)

Additional options include messaging and data clearing. As soon as you share your location info, you can leave messages attached to your location. WATN users that can read your location data will see your messages too.

And any time you can delete ID (as well as erase all the associated data) from the system. Note, that in case of any reconnection in the future WANT will assign a new ID for the user. There is no way to reuse some times once deployed ID.

References

1. D. Namiot Geo messages Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2010 International Congress pp. 14-19 DOI: 10.1109/ICUMT.2010.5676665
2. M. P. SCIPIONI AND M. LANGHEINRICH. I'm Here! Privacy Challenges in Mobile Location Sharing. Second International Workshop on Security and Privacy in Spontaneous Interaction and Mobile Phone Use (IWSSI/SPMU 2010), Helsinki, Finland, May 2010.
3. DANIEL WAGNER, MARIANA LOPEZ, ANDRE DORIA , IRYNA PAVLYSHAK, VASSILIS KOSTAKOS , IAN OAKLEY , TASOS SPILIOPOULOS, Hide and seek: location sharing practices with social media, Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, September 07-10, 2010, Lisbon, Portugal
4. JANICE Y. TSAI , PATRICK KELLEY , PAUL DRIELSMA , LORRIE FAITH CRANOR , JASON HONG , NORMAN SADEH, Who's viewed you?: the impact of feedback in a mobile location-sharing application, Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems, April 04-09, 2009, Boston, MA, USA
5. A.C. DE PAIVA, E.F. MONTEIRO, J. J. LEAL ROCHA, C. DE SOUZA BAPTISTA, AND A.C. SILVA, "Location Information Management in LBS Applications", Encyclopedia of Information Science and Technology, Second Edition, pp. 2450-2455, 2009
6. M. DUCKHAM AND L. KULIK. A FORMAL model of obfuscation and negotiation for location privacy. In Proceedings of Pervasive 2005, pp. 152-170, Munich, Germany, 2005. Springer.
7. J. Krumm Inference attacks on location tracks. In Proceedings of the Fifth International Conference on Pervasive Computing (Pervasive), volume 4480 of LNCS, pp. 127-143. Springer-Verlag, 2007
8. M. Gruteser and D. Grunwald. Anonymous usage of location-based services through spatial and temporal cloaking. In MobiSys '03: Proceedings of the 1st international conference on Mobile systems, applications and services, pp. 31-42, New York, NY, USA, 2003. ACM

9. M. LANGHEINRICH. Privacy in ubiquitous computing. In J. Krumm, editor, Ubiquitous Computing, pp. 95–160. CRC Press, Sept. 2009
10. WATN: <http://watn.linkstore.ru> Revised: March 2012
11. GEOLOCATION API SPECIFICATION (2010, SEP. 7)
<http://www.w3.org/TR/geolocation-API/>
12. MARCO CASARIO, PETER ELST, CHARLES BROWN, NATHALIE WORMSER AND CYRIL HANQUEZ HTML5 Solutions: Essential Techniques for HTML5 Developers 2011, 281-303, DOI: 10.1007/978-1-4302-3387-9_11
13. CHI-YIN CHOW, MOHAMED F. MOKBEL AND XUAN LIU Spatial cloaking for anonymous location-based services in mobile peer-to-peer environments GEOINFORMATICA Volume 15, Number 2, pp. 351-380, DOI: 10.1007/s10707-009-0099-y
14. JIAN XU, JIN Z.P, MING XU AND NING ZHENG Mobile-Aware Anonymous Peer Selecting Algorithm for Enhancing Privacy and Connectivity in Location-Based Service e-Business Engineering (ICEBE), 2010 IEEE 7th International Conference on Nov. 2010 pp. 172 – 177 DOI: 10.1109/ICEBE.2010.32

Реализация метамодели языка UML на основе хранилища данных фирмы Google

Аннотация

В статье рассматриваются особенности реализации библиотеки классов метамодели языка UML 2.4 на основе хранилища данных (Data Store) предоставляемого фирмой Google в своей инфраструктуре для разработки облачных приложений. Репозиторий для хранения модели, реализованный в соответствии со стандартом на язык UML, является центральной частью используемых для проектирования программного обеспечения CASE-инструментов. Как и другие приложения, CASE-инструменты могут быть разработаны как облачные приложения предоставляющие сервис через интернет-браузер. Данная реализация метамодели языка UML разработана для такого CASE-инструмента. При реализации метамодели использовался подход генеративного программирования по компактной спецификации модели.

1. Введение

Унифицированный язык моделирования UML является стандартом для CASE-инструментов, используемых для моделирования программных систем. В стандарте на язык UML 2.4 [1], в частности, содержится описание модели языка UML называемой метамоделью языка UML. Описание метамодели содержит описание классов, из экземпляров которых строится UML-модель, а также описывается графическая нотация для представления классов метамодели и их связей на UML-диаграммах. Для такого описания классов метамодели используется графическая нотация языка UML. Для формализованного представления графической нотации языка UML также стандарте определены классы, из экземпляров которых должно строиться изображение UML-диаграмм [2]. Для обмена моделями и диаграммами между поддерживающими стандарт CASE инструментами в стандарте определено отображение классов метамодели в расширение языка XML – формат XML Metadata Interchange (XMI) [3].

2. Разработка метамодели языка UML на основе ее формализованной спецификации на языке TinyUML

Описание языка состоит из нескольких объемных документов превышающих [1, 2, 3] 700 страниц, которые постоянно изменяются и дополняются при появлении новых версий стандарта. Объем и регулярное изменение документов стандарта существенно затрудняют реализацию классов метамодели и взаимодействующих с ней компонентом метамодели.

Для упрощения реализации метамодели и поддержки соответствия реализации текущим версиям языка использовался подход генеративного программирования. Реализация метамодели пишется на языке программирования не вручную, а генерируется из компактной спецификации метамодели. Генеративный подход позволяет избавиться от большого объема рутинной работы, избежать ошибок возникающих при непосредственном ручном написании программ, дает возможность опробовать множество различных подходов к реализации метамодели.

Выбор языка для создания компактной спецификации весьма важен. В документах, описывающих стандарт языка UML, классы метамодели и связи между ними описываются с помощью диаграмм UML с комментариями к диаграммам на английском языке. В дополнение к этим диаграммам в документе UML содержится описания на формальном текстовом языке Object Constraint Language (OCL)[]. Такие описания содержат либо логические выражения, которые должны быть всегда истинными для атрибутов и ролей ассоциаций классов модели. Либо на языке OCL описываются алгоритмы для вычисления значений порождаемых атрибутов классов метамодели. Для формального описания классов метамодели в дополнение к текстам также предоставляется описание модели на расширении языка XML – языке XMI.

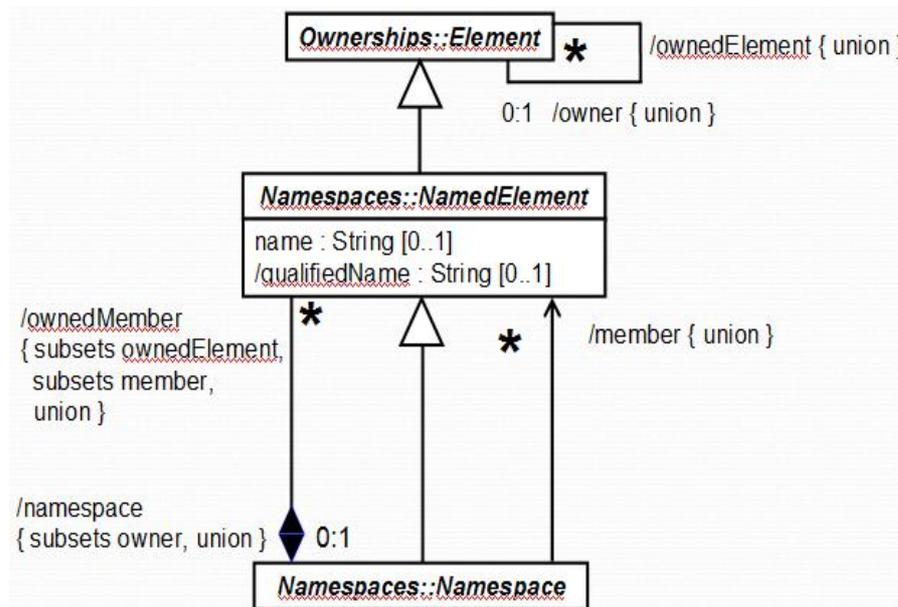


Рис. 1. Фрагмент спецификации метамодели языка UML с использованием графической нотации UML

Наличие этих трех разрозненных и весьма различающихся языков описания стандарта UML затрудняет их использование для генерации реализации метамодели на языке программирования. Удобная для визуального восприятия графическая нотация затрудняет ввод

информации о метамодели в генерирующую программу. Для текстового описания на языке OCL нет соответствующего текстового описания контекста, в котором выражения на OCL должны вычисляться. Описание на языке XMI удобно для распознавания программой, но затрудняет определение его соответствия описанию на языке графической нотации, а также определения контекста для вычисления выражений на языке OCL.

По указанным выше причинам в качестве языка спецификации был разработан и использован текстовый язык TinyUML, синтаксис и семантика которого эквивалентны используемому для описания классов метамодели подмножеству графической нотации. Нотация языка TinyUML приближена к обозначениям, используемым на UML-диаграммах и описании стандарта. Текстовая природа языка позволяет в одном текстовом файле хранить описание классов и связей между ними, которое также является контекстом для вычисления выражений на OCL, а также служить исходными данными для генератора реализации на языке программирования.

Эквивалентный приведенному на рисунке фрагменту спецификации метамодели текст на языке TinyUML приведен ниже.

```

package Ownership {
    abstract class Element {};

    as /ownedElement[*] : Element {union}
    <->/owner[0:1] : Element {union};
};

package Namespace {
    abstract class NamedElement : Ownership::Element {
        at name[0:1] : String = "";
        at /qualifiedName[0:1] = "";
    };

    abstract class Namespace : NamedElement {};

    as /member[*] : NamedElement {union}
    <- ns[1] : Namespace;

    as /ownedMember[*] : NamedElement {union,
        subsets ownedElement, subsets member}
    <-> /namespace[0:1] : Namespace {union,
        composite, subsets owner};
};

```

Как можно заметить, текстовые элементы, показанные на UML диаграмме, в языке TinyUML полностью повторяются. Графические элементы нотации UML представлены в виде текста. Так, например, отношение ассоциации между классами представлено с помощью ключевого слова `as` языка TinyUML, а направленность отношения ассоциации – символами больше и равно.

На приведенном выше фрагменте спецификации описаны базовые

классы метамодели, представляющие наиболее фундаментальные свойства элементов модели. Так, из спецификации следует, в частности, что пространство имен (представлено абстрактным классом `Namespace`) может включать в себя неограниченно число именованных элементов (представленных абстрактным классом `NamedElement`), которые могут входить не более чем в одно пространство имен. Указанные классы служат базовыми классами для конкретных классов, которые представляют в модели пространства имен и их элементы. Например, для пакетов, классов и интерфейсов представляющих в метамодели соответствующие конструкции объектно-ориентированных языков программирования.

3. Реализация метамодели языка UML как части облачного приложения фирмы Google

В последнее время все большее распространение получает разработка приложений как веб-сервисов расположенных на облаке и доступных через обычный интернет браузер. Как такое облачное приложение может быть разработан и CASE-инструмент. Инфраструктура фирмы Google[5] для разработки облачных приложений получает все большее распространение. Для разработки как клиентской, так и серверной части предоставляет инструментарий для написания приложения, в частности, на языке Java.

Особенностью облачных приложений фирмы Google является способ хранения данных этим приложением на сервере. Файловая система сервера, на котором расположено приложение, может использоваться приложением лишь для хранения статической информации. Для работы же с изменяемой информацией инфраструктура облачного приложения предоставляет специализированное хранилище данных `Data Store` [6]. Хранилище данных представляет собой масштабируемую объектную базу данных, каждый объект (`Entity`) которой может включать в себя одно или несколько свойств. Свойства объектов имеют имена и могут хранить значения одного из поддерживаемых типов данных, а также могут быть ссылкой на другой объект. Это позволяет создавать между объектами, в частности, отношения один-к-многим и многие-к-многим. Некоторые из свойств могут быть ключами объекта и использоваться для уникальной идентификации объектов. Для работы с данными хранилище данных предоставляется схожий с языком SQL язык запросов `Google Query Language (GQL)` [7]. Механизм транзакций хранилища данных использовался для реализации изменения состояния базы данных сгенерированными методами классов метамодели.

Указанные возможности хранилища данных была использованы для реализации метамодели языка UML как множества хранимых в базе специализированных объектов-сущностей. Реализация метамодели генерировалась по спецификации метамодели на языке Java. Базовым классом такой реализации классов метамодели является класс-сущность из API хранилища данных. Таким образом, от базового класса из API

хранилища данных классами метамодели наследуется возможность чтения и записи свойств сущности, которые представляют атрибуты и отношения ассоциации определенные в стандарте для классов метамодели. Используемые для уникальной идентификации ключи сущностей хранилища используются для реализации отношений ассоциации определенных между классами метамодели. Для реализации порождаемых атрибутов-объединений (union) у классов метамодели, значения которых вычисляются как объединения подмножеств значений атрибутов других классов, используются запросы на языке GQL.

Стандарт на язык UML [1, 2, 3] не содержит явно описания функционального интерфейса предоставляемого классами метамодели. Вместе с тем свойства и множественность атрибутов и ролей отношения ассоциации неявно определяют имена и сигнатуры методов классов метамодели. Разработавшим стандарт языка UML консорциумом фирм Object Management Group разработан язык определения интерфейсов IDL [8] используемый для описания функциональных интерфейсов разрабатываемых консорциумом стандартов. Вместе с тем для одного из подмножеств языка UML отображение классов метамодели в спецификацию на языке IDL [9] определено явно. Определенная аналогичным образом функциональность классов метамодели поддерживается и в широко используемой реализации метамодели UML для среды Eclipse [10]. Такой же функциональный интерфейс определен и в реализации метамодели с использования хранилища данных Google.

4. Заключение

Важнейшей компонентой CASE-инструмента является репозиторий для хранения моделей программных систем. Определение в стандарте на язык UML [1, 2, 3, 4] модели репозитория CASE-инструмента, выполненное с помощью графической нотации самого языка UML, получило название метамодели языка UML. Большой объем стандарта (более 700 страниц) существенно осложняет непосредственную реализацию метамодели. В статье рассматривается применение апробированного ранее при реализации на языке C# метамодели для CASE-инструмента интегрированного в среду Visual Studio [11]. Данный подход был успешно применен к программной генерации реализации метамодели на языке Java с использованием хранилища данных фирмы Google. Данная реализация метамодели разработана для CASE-инструмента [12] реализованного как облачное приложение фирмы Google.

Литература

1. Object Management Group, UML 2.4 Superstructure Specification, OMG document. <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/>
2. Object Management Group, UML Diagram Interchange, OMG document, <http://www.omg.org/spec/UMLDI/1.0/PDF>
3. Object Management Group, XML Metadata Interchange, OMG document,

<http://www.omg.org/spec/XMI/2.4.1/>

4. Object Constraint Language, OMG document, <http://www.omg.org/spec/OCL/2.3.1/>

5. Инфраструктура облачных приложений фирмы Google.
<http://code.google.com/intl/ru-RU/appengine/>

6. Хранилище данных Data Store App Engine фирмы Google.
<http://www.googleappengine.ru/docs/datastore/>

7. Описание языка Google Query Language

<http://www.googleappengine.ru/docs/datastoregqlrefere/nce.html>

8. Interface Definition Language (IDL) 3.5 <http://www.omg.org/spec/IDL35/>

9. MOF to IDL Mapping, <http://www.omg.org/spec/MOF2I/2.0/>

10. Model Development Tools, <http://www.eclipse.org/modeling/mdt/?project=uml2>

11. В.Ю.Романов, Реализация метамодели языка UML 2.0 на языке C# // Сборник трудов первой международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование». 19-23 сентября 2005 г. С.332-339.

12. Романов В.Ю. Сервис анализа и визуализации кода и текстов на языках программирования как облачное приложение Google // Сб. трудов V Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". М., 2011. С.743-748, 12-14 декабря 2011 г.

Ромасевич Е.П.,
ВолГУ, магистрант
eromasevich2@mail.ru

Ромасевич П.В.
D-Link, к.т.н., доцент
promasevich@dlink.ru

Исследование влияния трафика пиринговых сетей на работу сети MetroEthernet смешанной архитектуры на основе имитационной модели

Аннотация

В статье проведено исследование процесса потери пакетов при передаче самоподобного трафика различной природы в сетях масштаба города со смешанной архитектурой в зависимости от его параметров с учетом влияния наложенных сервисов массового использования с помощью построенной имитационной модели.

Введение

Тенденции современного рынка телекоммуникаций характеризуются масштабным строительством и модернизацией сетевой инфраструктуры, предназначенной для организации различных сервисов – от VoIP до интерактивного телевидения и предполагает доступность сервисов вне зависимости от местоположения клиента и используемого им интерфейса.

На местах состояние телекоммуникационного рынка характеризуется повсеместным развертыванием сетей широкополосного доступа различной архитектуры уровня города (MetroEthernet), что связано с необходимостью предоставления комплекса телекоммуникационных услуг TriplePlay (данные, голос, видео), через единую линейную инфраструктуру.

Качество передаваемой информации в IP-сети зависит от множества факторов и может варьироваться в значительных пределах в зависимости от функционала телекоммуникационного оборудования, параметров трафика и сети. Поэтому необходима предварительная оценка работоспособности при проектировании новой или модернизации существующей телекоммуникационной сети. [1]

По причине трудности постановки эксперимента и сложности аналитического моделирования, имитационное моделирование может быть наиболее рациональным способом решения подобной задачи.

Многочисленные зарубежные и отечественные исследования последнего десятилетия показали, что трафик в современных сетях передачи данных проявляет свойства самоподобия [2], которое оказывает негативное влияние на производительность сетей передачи данных ввиду

значительно большей потребности в буферной памяти и пропускной способности телекоммуникационных систем, что является одним из основных факторов, влияющих на величину задержки.

В рекомендации МСЭ Y.1540 [3], посвященной технологии IP рассматриваются следующие сетевые характеристики, как наиболее важные по степени их влияния на сквозное качество обслуживания от источника до получателя, оцениваемое пользователем: производительность сети (Мб/сек).задержка (IPTD - IPpackettransferdelay) ипотеряпакетов (IPLR - IPpacketlossratio).

Необходимо отметить негативное влияние на качество предоставляемых провайдерами услуг различных бесплатных наложенных сервисов массового использования, которые создают большую нагрузку на инфраструктуру, такие как «торренты», и зачастую прямо конкурируют с аналогичными коммерческими сервисами операторов, такие как Skype.

Поэтому целью данной работы является исследование процесса потери пакетов при одновременной передаче самоподобного трафика различной природы в сетях масштаба города со смешанной архитектурой в зависимости от его параметров с учетом влияния «нехороших» сервисов с помощью имитационной модели.

Качество обслуживания QoS определяется в рекомендации МСЭ Y.1541, в которой указаны значения параметров, которые должны обеспечиваться в сетях IP. В таблице 1 приведены верхние границы для средних значений параметров.

Таблица 1 – Рекомендации МСЭ Y.1541

Характеристики сети	Классы качества обслуживания (QoS)					
	0	1	2	3	4	5
Задержка доставки пакета IP, IPTD	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1с	
Вариация задержки пакета IP, IPDV (джиттер)	50 мс	50 мс	--	--	--	
Коэффициент потери пакетов IP, IPLR	1E-3	1E-3	1E-3	1E-3	1E-3	
Коэффициент ошибок пакетов IP, IPER	1E-4	1E-4	1E-4	1E-4	1E-4	

Имитационная модель

За основу была взята телекоммуникационная сеть одного из операторов Волгограда. Сеть представляет собой топологию смешанного типа. Здесь представлена сложная звездообразная топология, а также кольцевая на уровне распределения, как показано на Рис. 1.

Для создания модели сети был выбран новый инструмент в этой сфере – сетевой симулятор NS-3. Этот симулятор представляет собой совершенно новый продукт со своей архитектурой и подходом к построению моделей. NS-3 полностью написан на языке C++, а сетевые модели становятся его составляющими. В симуляторе NS-3 достигается более детальная симуляция сети, по сравнению со своими предшественниками. Необходимо отметить, что данный программный продукт позволяет моделировать телекоммуникационные сети на основе IPv6, что особенно актуально ввиду уже начавшегося перевода опорных сетей федеральных операторов на этот протокол.

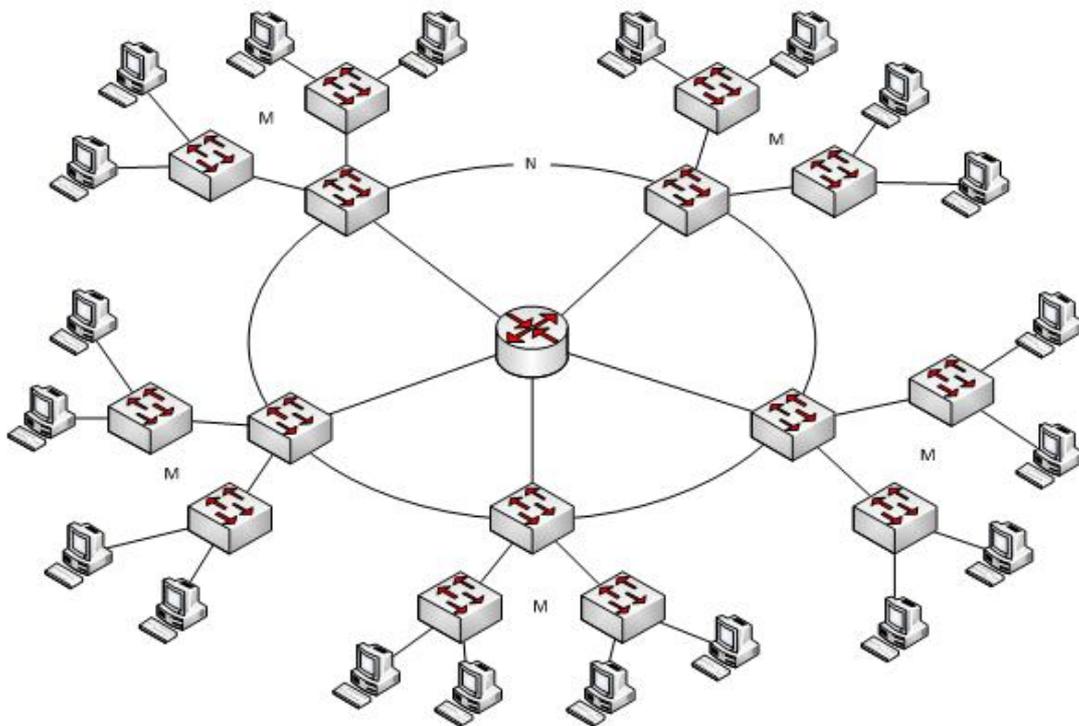


Рис. 1. Топология моделируемой сети

Программа модели написана так, что исследователь может легко менять такие параметры как количество коммутаторов распределения, количество коммутаторов доступа на каждом коммутаторе распределения, количество пользовательских компьютеров на каждом коммутаторе доступа, а также размер пакета генератора трафика, что делает её масштабируемой.

Каждый сегмент сети имеет своё адресное пространство.

Скорость передачи данных в каждом сегменте 100 Мбит/с с задержкой 2 мс. Скорость в кольце, связывающем коммутаторы распределения – 1 Гбит/с с задержкой 1 мс, а скорость до маршрутизатора ядра – 10 Гбит/с с аналогичной задержкой.

Для приближения к реальной ситуации в модель добавлен трафик,

который по своим параметрам близок к FTP-трафику и имитирует «жизнь» в сети.

Трафик «торрентов», передаваемый по протоколу UDP, является самоподобным и создаётся OnOff-генератором на основании распределения Вейбулла с параметрами, соответствующими параметру Хёрста, равному 0,7. Данное распределение было выбрано как хорошо подходящее для описания вероятности переполнения буферной памяти входного интерфейса телекоммуникационной системы [5]. Размер пакета, как упоминалось ранее, может быть задан любым. По умолчанию, размер пакета равен 100 байт, что характерно для пакетов пиринговых сетей на сегодняшний день.

Исследование процесса передачи трафика различной природы в сетях MetroEthernet

Задача данной работы заключалась в исследовании влияния трафика пиринговых сетей на работу сети MetroEthernet на основе имитационной модели при различных параметрах.

Модель имитирует сеть с топологией, представленной на Рис.1, с тремя L3 коммутаторами распределения, двумя L2 коммутаторами доступа на каждом L3 коммутаторе и двумя пользователями на каждом коммутаторе доступа.

Данная модель имеет следующие характеристики:

- от ядра сети до уровня распределения канал – 10Гб/с;
- на уровне агрегации канал – 1 Гб/с;
- использование стека Интернет;
- использование протоколов TCP и UDP для передачи данных;
- масштабируемость модели;
- имитация передачи FTP-пакетов;
- имитация передачи торрент-пакетов;
- учёт самоподобия трафика;
- использование OnOff-генератора с распределением Вейбулла.

В модели сети исследовалось влияние размера пакета торрента на потери пакетов в сети. Были взяты средние значения из трёх наиболее вероятных диапазонов: 64, 100, 200, 400, 800 и 1300 байт.

Исследовалось два возможных варианта сети: с «кольцом» на уровне распределения и без него, когда весь трафик между сегментами сети проходит через маршрутизатор ядра.

В ходе работы менялся параметр скорости доступа пользователя к коммутатору при постоянном значении параметра Хёрста $H=0,7$. Было взято пять значений, четыре из которых присутствуют сегодня на рынке (20Мб/с, 10Мб/с, 4Мб/с и 2Мб/с), и одно максимальное – 100Мб/с. Полученные результаты представлены на Рис.2 и Рис.3.

На каждом графике изображены три кривые, соответствующие трём длинам пакетов: 100, 200 и 1300 байт. Данные значения были взяты из

чаще встречающихся диапазонов torrent-пакетов современных сетей, процентное соотношение которых приведено в [4]:

- 64 байт – 5%
- 64-127 байт – 58%
- 128-255 байт – 16%
- 256-511 байт – 5%
- 512-1023 байт – 4%
- 1024-1518 байт – 13%

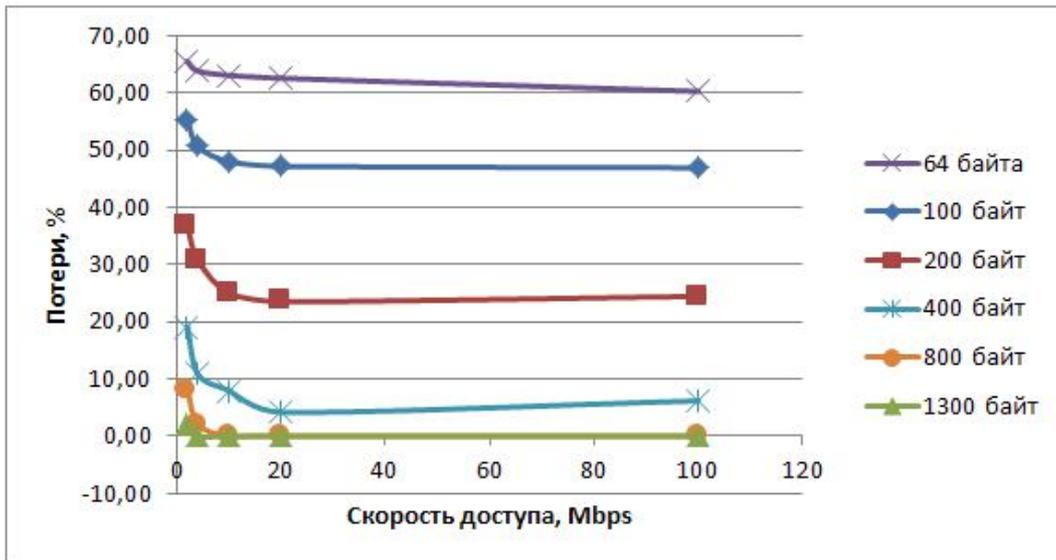


Рис. 2. Потери пакетов при различных скоростях доступа при разных размерах пакета торрента и $H=0,7$, с кольцом на уровне агрегации

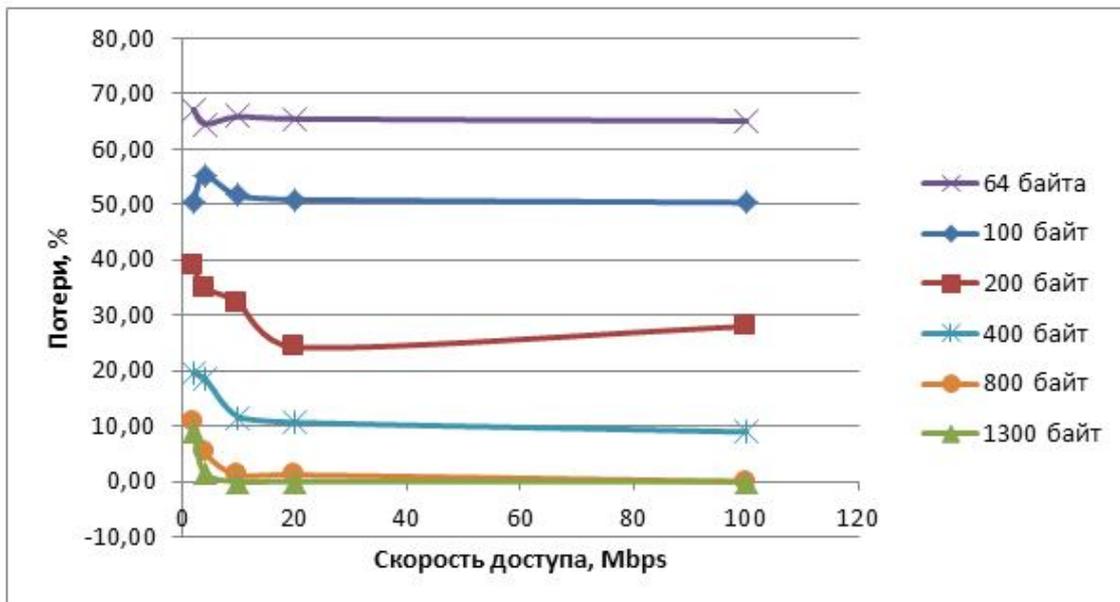


Рис. 3. Потери пакетов при различных скоростях доступа при разных размерах пакета торрента и $H=0,7$, без кольца на уровне агрегации

Из графиков видно, что увеличение скорости доступа клиента не приводит к решению проблемы высокой потери пакетов. Напротив, размер пакета «торрента» оказывает сильное влияние на сеть оператора. Так, увеличение размера пакета в настройках торрент-клиентов со 100 байт до 200 байт, приводит к снижению потерь примерно на 20% от общего числа пакетов при любых скоростях. А увеличение пакета до 1300 байт приводит к потере практически к нулю при большинстве тарифных планов, что соответствует нормативам потерь пакетов, приведенных в Таблице 1.

Также положительное влияние на процент потери пакетов оказывает более связанная топология. Из Рис.2 и Рис.3 видно, что при кольцевой топологии на уровне агрегации при одних и тех скоростях подключения конечных пользователей потери пакетов меньше, чем в случае звездообразной архитектуры сети. Это объясняется наличием большего количества путей от источников к получателям, что снижает пакетную нагрузку на очереди входных интерфейсов активного оборудования телекоммуникационной сети.

Другим направлением исследований было определение влияния степени самоподобия трафика на процент потери пакетов путем изменения параметра Хёрста при постоянной скорости доступа пользователей. При скорости доступа 10 Мб/с, были получены результаты для четырёх значений параметра H (0,6, 0,7, 0,8 и 0,9). При этом рассматривались случаи кольцевой и звездообразной топологии на уровне агрегации. Результаты данных экспериментов представлены на графиках на Рис. 4 и Рис.5.

Графики показывают зависимости потери пакетов в целом по сети от параметра Хёрста при постоянной скорости 10Мб/с для всех характерных длин пакетов [4]. Оператор не может влиять на степень самоподобия сетевого трафика, но так как этот параметр может быть измерен, то предварительное исследование поведения сети при его различных значениях параметра Хёрста может представлять интерес для прогнозирования работы сети и выработки необходимых превентивных мер.

Как видно из графиков на Рис.4-5, сильных изменений потерь пакетов при увеличении параметра Хёрста нет, кроме случая «кольца» на уровне распределения при размере пакета 200 байт и параметре $H=0,8$ процент потери пакетов резко возрастает. Чтобы объяснить причину такого скачка, требуется провести ряд дополнительных исследований. При этом также видно, что в случае кольцевой топологии на уровне агрегации при одинаковой степени самоподобия трафика процент потери пакетов для всех длин меньше, что также объясняется наличием альтернативных путей движения трафика по сравнению с чисто звездообразной архитектурой сети.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на потери пакетов в сети влияет как самоподобие, так и скорость доступа пользователя к сети, однако эти параметры сети не оказывают столь значительного влияния на

потери, как размеры отправляемых пользователем пакетов.

Ввиду того, что оператор не может контролировать размеры пакетов пользователей и степень самоподобия трафика, практической рекомендацией в условиях исследуемой архитектуры сети является ограничение трафика торрент-приложений с размерами пакетов ниже 1300 байт, чего оператор может добиться установкой фильтрации трафика по длине пакетов, а также отказ от предоставления клиентам безлимитных тарифов со скоростями ниже 10 Мбит/с.

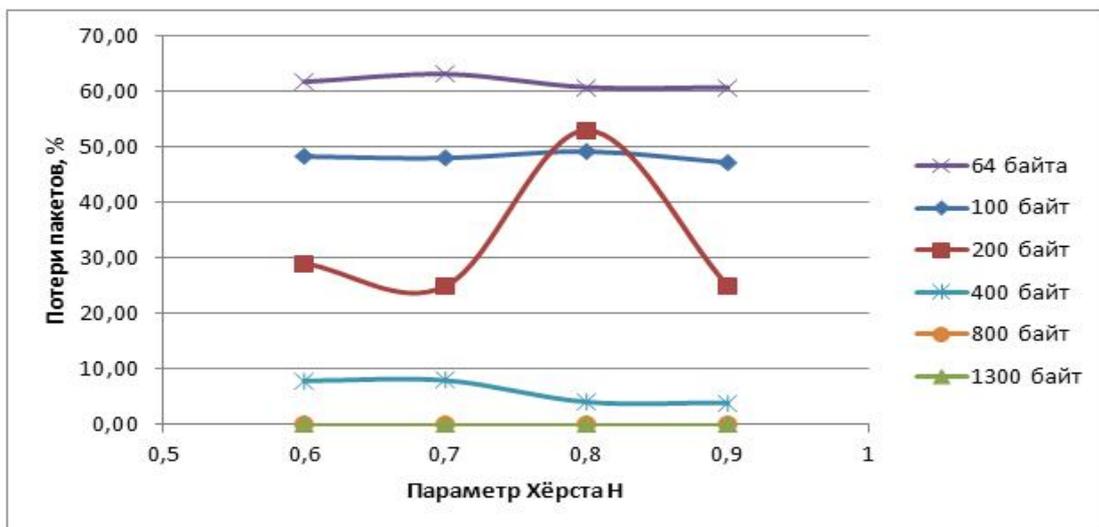


Рис. 4. Потери пакетов при различных значениях параметра Хёрста при разных размерах пакета торрента и скорости 10Мbps, с кольцом на уровне агрегации

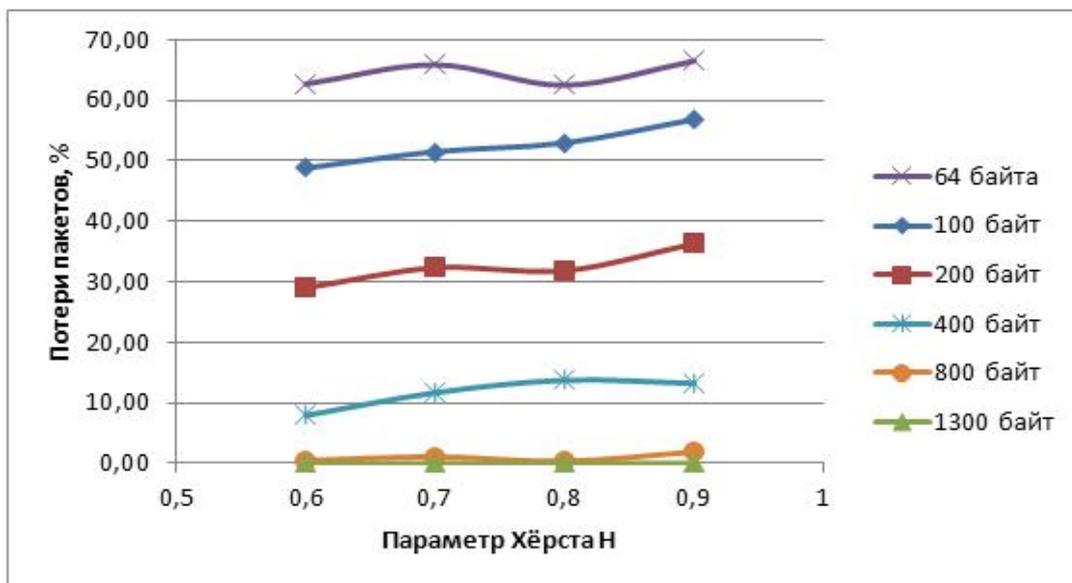


Рис. 5. Потери пакетов при различных значениях параметра Хёрста при разных размерах пакета торрента и скорости 10Мbps, без кольца на уровне агрегации

Результаты данной работы могут быть использованы для прогнозирования работы телекоммуникационных сетей MetroEthernet сложной топологии с использованием современных технологий построения инфраструктуры и передаче трафика различной природы, в том числе на основе протокола IPv6, перевод на который своих сетей уже начали крупные телекоммуникационные операторы.

Литература

1. П.В.Ромасевич. Исследование сети MetroEthernet на основе её имитационной модели//Известия ОрелГТУ, Информационные системы и технологии – 2010, №2/58 (585)
2. W.E.Leland, M.S.Taqqu, W.Willinger, D.V.Wilson., On the self-similar nature of ethernet traffic, IEEE/ACM Transactions of Networking, 2(1):1-15,1993
3. МСЭ-Т Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters//December 2002.
4. Материалы сервера <http://forum.nag.ru/forum/index.php?showtopic=55025>
5. 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.

Рукавичников А.В.,

Восточно-Сибирский государственный институт технологий и
управления, учебный мастер
sasha-hamster@yandex.ru

Базарон С.А.

Восточно-Сибирский государственный институт технологий и
управления, старший преподаватель
seseg003@gmail.com

Способ распознавания и оценивания ответов на тестовые задания «Типовая задача»

Аннотация

Данная работа посвящена методу распознавания и оценивания ответов на тестовые задания «Типовая задача». Предлагаются способ генерации базы нечетких продукционных правил.

Введение

В условиях современного информационного общества автоматизированное тестирование является одним из инструментов для контроля качества обучения. Однако в современных системах автоматизированного тестирования отсутствуют возможности работы с заданиями, требующими в качестве ответа написание хода решения и конечного результата поставленной задачи. А также оценка такого рода заданий. Целью работы является разработка моделей и методов распознавания и оценивания тестовых заданий «Типовая задача».

Постановка задачи.

Введем следующие обозначения:

$TЗ$ – тестовое задание «Типовая задача»;

R – ответ тестируемого на задание $TЗ$;

T – теория, по которой создано тестовое задание;

$A = \{a_i | a_i - \text{символ}, i = 1..k\}$ – алфавит теории T ;

f_i – слово в алфавите A , $f_i \in A^*$

A^* – множество формул в ответе испытуемого, $A^* \subseteq R$;

A_p^* – множество правильно построенных формул;

A_v^* – множество выводимых формул;

$\overline{A_v^*}$ – множество невыводимых формул;

θ_1 – количественный показатель степени правильности ответа R ;

θ_2 – качественный показатель степени правильности ответа R .

Имеем множество формул ответа тестируемого $A^* \subseteq R$.

Необходимо выполнить анализ множества формул A^* , определить

значения показателей θ_1 и θ_2 , позволяющих оценить степень правильности ответа R .

Способ решения задачи

Будем считать, что тестируемый представляет этапы решения задачи в виде последовательности формул $A^* \subseteq R$. Используя онтологию теории T , проведем анализ ответа тестируемого по следующему алгоритму:

Определим, является ли формулы ответа тестируемого $f_i \in A^*$ ($i = 2..n$) правильно построенными, используя алгоритм «Анализ формул на правильное построение». Если формула f_i правильно построена, то она включается во множество $(A_p^*(f_i \in A_p^*))$.

Используя алгоритм «Построение дерева решений» построим вывод формул $f_{i+1} \in A^*$ из $(i f_i \in A^* = 1..n-1)$. Если формула f_i выводима, то она включается во множество A_v^* .

Определим значения показателей θ_1 и θ_2 , позволяющих оценить степень правильности ответа R , используя алгоритм «Определение степени правильности ответа».

Рассмотрим описание перечисленных алгоритмов.

Алгоритм «Анализ формул на правильное построения»

Опишем правила построения формул теории T , т.е. элементы множества $\Omega = \{\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, \tau_6\}$, где:

τ_1 = «если c – константа и $c \in C$, a – переменная и $a \in P$, z – знак операции и $z \in Z$, $(,)$ – разделительные символы и $(,) \in S$, то (cza) – формула»;

τ_2 = «если a, b – переменные и $a, b \in P$, z – знак операции и $z \in Z$ и $(,)$ – разделительные символы $(,) \in S$, то (azb) – формула»;

τ_3 = «если a – переменная и $a \in P$, z – знак унарной операции и $z \in Z$, то za – формула»;

τ_4 = «если f – формула, z – знак унарной операции и $z \in Z$ и $(,)$ – разделительные символы и $(,) \in S$, то $z(f)$ – формула»;

τ_5 = «если f – формула, h – константа или переменная и $h \in P \cup C$, z – знак операции и $z \in Z$ и $(,)$ – разделительные символы и $(,) \in S$, то (fzh) – формула»;

τ_6 = «если f, g – формулы, z – знак операции и $z \in Z$ и $(,)$ – разделительные символы и $(,) \in S$, то (fzg) – формула».

Правила $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ являются правилами построения простых формул, а τ_5, τ_6 – правила построения сложных формул.

Используя правила построения формул Ω , можно определить, являются ли формулы $f_i \in A^*$ правильно построенными. Для проверки формулы f_i на правильность построения разработан конечный автомат (рис. 1). [5,6]

Если формула f_i правильно построена, то она включается во множество A_p^* .

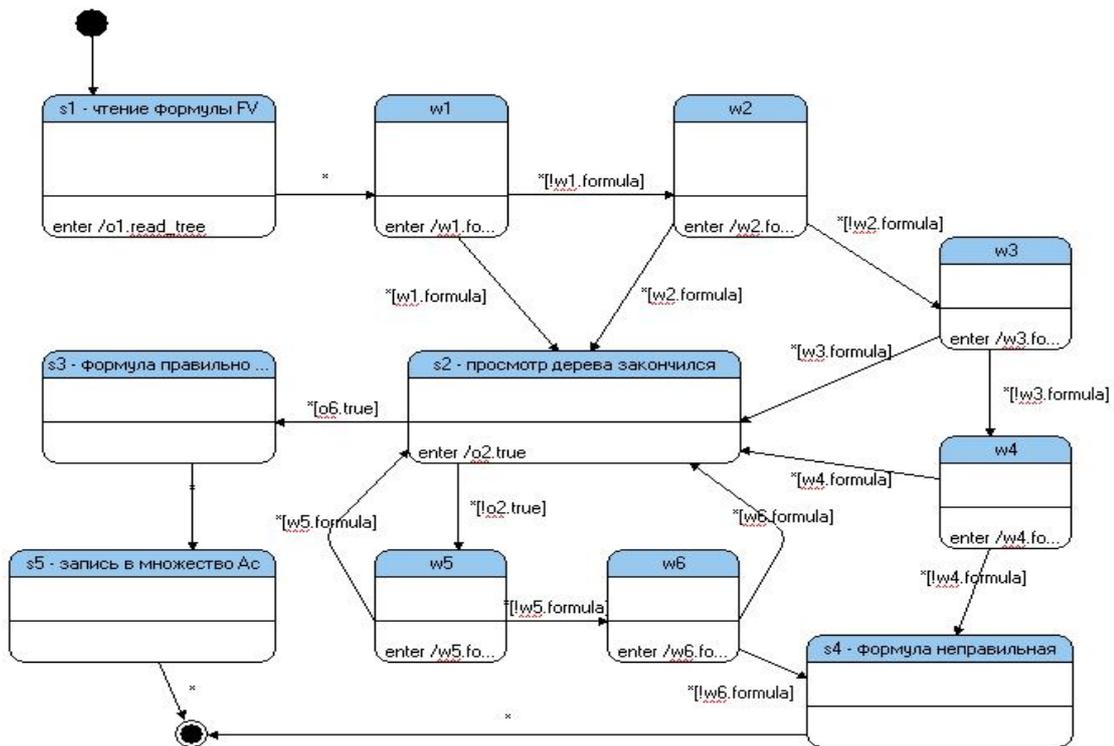


Рисунок 1 – Структура автомата Анализ формул на правильное построения

Таким образом, производится анализ формул ответа тестируемого, затем формулы, являющиеся правильно построенными, поступают на вход конечного преобразователя, который реализует алгоритм «Построение дерева решений».

Алгоритм «Построение дерева решений».

Дерева решений – это способ представления правил в иерархической, последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение. Под правилом понимается логическая конструкция, представленная в виде "если ... то ...". [1]

Для построения *Дерева решений* будем использовать онтологию с активной семантикой, построенной для теории T .

При решении задач оценивания результатов тестирования необходимы в основном следующие знания: термины предметной области, отношения между терминами, определение терминов, свойства терминов, синонимы, способы представления и способы выражения терминов. Поэтому будем использовать трехкомпонентную модель онтологии: $O = \langle C, A, Pr \rangle$, где C – знак концептуального объекта «Понятие»; A – знак концептуального объекта «Действие»; Pr – знак концептуального объекта «Свойство».

Описание перечисленных концептуальных объектов и их словарных статей приведены в работе [2]:

Опишем словарную статью концептуального объекта «Свойство», в которую внесли изменения. Словарная статья «Свойство» представляется

в виде шестерки:

$$Property = \langle p, D, K, Q, C, M \rangle,$$

где p – имя свойства; K – вид свойства; Q – величины;

D, C, M имеют значение, аналогичное соответствующим элементам знака “понятие”.

p . $p = \langle p_1, p_2 \rangle$, p_1 – имя свойства; p_2 – тип концептуального объекта «Свойство»;

K . $K = \langle k_1, k_2 \rangle$, k_1 – вид свойства: количественное, качественное; k_2 – вид свойства: **Аксиомы теории T** ;

Q . $Q = \langle q_1, q_2 \rangle$, q_1 – имя величины, q_2 – ссылка на словарную статью, описывающую q_1 .

К аксиомам теории T отнесем:

1. законы теории T ;
2. определения теории T ;
3. теоремы теории T и следствия из них.

Тогда модель теории T можно представить как совокупность множеств, образующих знания о теории T :

$$T = \{A, \Omega, AC, P\}, \text{ где}$$

$A = \{V, C, Z, S\}$ – алфавит теории T , в котором V – множество переменных, C – множество констант, Z – упорядоченное множество по приоритету знаков операций, S – множество разделительных символов;

$\Omega = \{\tau\}$ – множество правил построения формул теории T ;

$AC = \{ac\}$ – аксиомы теории T ;

P – правила вывода (система подстановок).

В качестве правил вывода будем использовать метод систем ориентированных подстановок, который впервые предложил Э. Пост [3, 4].

В общем виде система подстановок описывается следующим образом:

$$P = \begin{cases} x \rightarrow y \\ y \rightarrow x \end{cases}.$$

Так как, аксиома по своему определению представляет собой правила преобразования одних формул в другие, то ее можно описать в виде ориентированной системы подстановок, например, аксиома $A \cup \emptyset = A$ может быть представлена как система ориентированных подстановок:

$$ac = \begin{cases} A \cup \emptyset \rightarrow A \\ A \rightarrow A \cup \emptyset \end{cases}.$$

Таким образом, каждая аксиома ac_i будет преобразовываться в систему ориентированных подстановок P . Введем индекс i , который идентифицирует номер подстановки в системе. Тогда система ориентированных подстановок будет иметь вид:

$$P = \begin{cases} (1) x \rightarrow y \\ (2) y \rightarrow x \end{cases}.$$

При формировании множества аксиом AC теории T аксиома ac_i будет разбиваться на две части правую и левую. В подстановке с индексом (1)

левая часть будет приравняться значению x , а правая – y . В подстановке с индексом (2), наоборот, левая часть будет приравняться значению y , а правая – x . Из этого следует, что аксиома ac_i будет задаваться как пара: $ac_i=(ac_{i1}, ac_{i2})$, причем ac_{i2} может иметь значение nil .

Алгоритм построения дерева решений:

На первом шаге алгоритма выбираем формулу $f_1 \in A_p^*$ и поочередно применяем к ней аксиому ac_1, ac_2, \dots, ac_n , до тех пор, пока полученная в результате формула не станет равна формуле $f_2 \in A_p^*$. Как только сравнение дало положительный результат, переходим на следующий шаг алгоритма и считаем, что формула f_2 выводима, $f_2 \in A_v^*$.

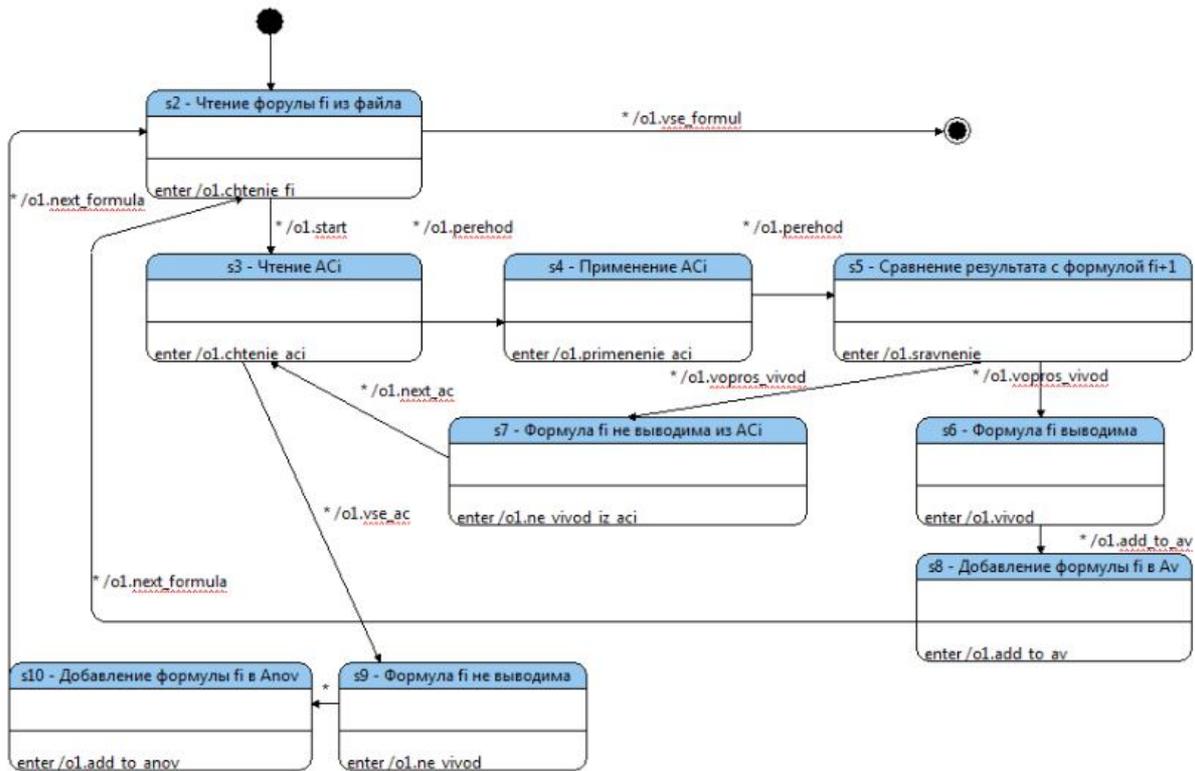


Рисунок 2 – Структура автомата Построение дерева решений

На втором шаге алгоритма выбираем формулу $f_i \in A_p^*, i=2 \dots n-1$ и поочередно применяем к ней аксиому ac_1, ac_2, \dots, ac_n , до тех пор, пока полученная в результате формула не станет равна формуле $f_{i+1} \in A_p^*, i=2 \dots n$. Как только сравнение дало положительный результат, переходим на следующий шаг алгоритма и считаем, что формула f_i выводима, $f_i \in A_v^*$.

На заключительном шаге алгоритма выбираем формулу $f_i \in A_p^*, i=n-1$ и поочередно применяем к ней аксиому ac_1, ac_2, \dots, ac_n , до тех пор, пока полученная в результате формула не станет равна формуле $f_{ответ} \in A_p^*$. Как только сравнение дало положительный результат, заканчиваем алгоритм и считаем, что ответ студента является верным.

В том случае, если на каком-то из шагов алгоритма возникла ситуация, что при сравнении, ни одна из полученных в результате

применения аксиом АС формул не совпала с формулой $f_{i+1} \in A_p^*, i=1...n$, считать $f_i \in A_p^*, i=1...n$ не выводимой и завершаем алгоритм, считая что ответ студента является не верным.

Для построения дерева решений разработан конечный автомат (рис. 2). На рисунке 3 изображено дерево решений, построенное по данному алгоритму.

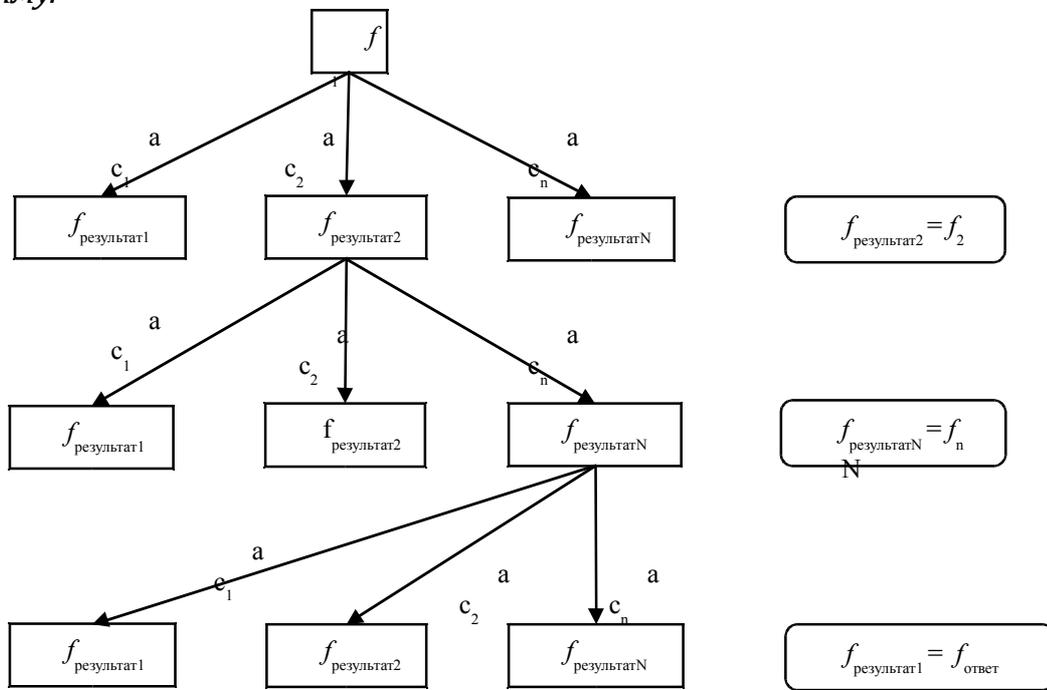


Рисунок 3 – Пример дерева решений

Алгоритм « Определение степени правильности ответа»

Для определения степени правильности ответа необходимо разработать нечеткую модель оценивания тестовых заданий «Типовая задача».

Алгоритмы нечеткого вывода различаются главным образом видом используемых правил, логических операций и разновидностью метода дефазификации. Известны модели нечеткого вывода Мамдани, Сугено, Ларсена, Цукамото. В работе использовался алгоритма Мамдани, который является наиболее распространенным.

Для разработки нечеткой модели необходимо определить входные и выходные лингвистические переменные, провести их шкалирование, выбрать для них функции принадлежности, определить метод дефазификации и построить базу нечетких продукционных правил.

Экспериментальные исследования показали, что для процесса оценивания результатов тестирования достаточно шкалы $L_1=[-5,...,0,...,5]$ (табл. 1) для входных переменных и $L_2=[-3,...,0,...,3]$ (табл. 2) для выходных. Каждый терм (tr_i) лингвистической шкалы представляет собой нечеткое множество:

$$\tilde{A}_i = \sum_{i=1}^k \mu_A(u_i)/u_i, \text{ где } u \in U = [0;1]$$

Для наглядности в таблицах 2.1 и 2.2 градуировка шкал приведена в соответствие со значениями центров *MidIn* (*MidOut*) ядер *Core* нечетких множеств \tilde{A}_i , равномерно градуированными на универсуме $U = [0;1]$. По С.Д. Штовба [7] ядром нечеткого множества называется четкое подмножество универсального множества U , элементы которого имеют степени принадлежности, равные единице: $Core(tr_i) = \{u \mid \mu(tr_i) = 1\}$, где $tr_i \in TR_{In} \mid TR_{Out}, u \in U$, TR_{In} – терм-множество входных лингвистических переменных, TR_{Out} – терм-множество выходной лингвистической переменной.

Таблица 1 – Шкала входных лингвистических переменных (L_1) **Таблица 2** – Шкала выходной лингвистической переменной (L_2)

Оценк а в балла х	MidIn	Значение лингвистической переменной	Оценк а в балла х	MidOut	Значение лингвистической переменной
		Терм-множество (TR_{In})			Терм-множество (TR_{Out})
-5	(0,0)	очень-очень низкий	-3	(0,000)	очень-очень низкий
-4	(0,1)	очень низкий	-2	(0,166)	очень низкий
-3	(0,2)	почти очень низкий	-1	(0,333)	низкий
-2	(0,3)	низкий	0	(0,500)	средний
-1	(0,4)	почти низкий	1	(0,666)	высокий
0	(0,5)	средний	2	(0,833)	очень высокий
1	(0,6)	почти высокий	3	(1,000)	очень-очень высокий
2	(0,7)	высокий			
3	(0,8)	почти очень высокий			
		очень высокий			
4	(0,9)	очень-очень высокий			
5	(1,0)	очень-очень высокий			

Определение функции принадлежности

С помощью функции принадлежности осуществляется перевод четкого значения входной лингвистической переменной в нечеткую переменную $tr \uparrow TR_{In}$. Экспериментальным путем была выбрана колоколообразная функция принадлежности для входных и выходной лингвистических переменных (рис. 4) [8].

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (1)$$

где $b \geq 1$ – коэффициент концентрации, определяющий ядро нечеткого множества *Core*, $a > 0$ – коэффициент, который характеризует ширину функции принадлежности, c – центр ядра нечеткого множества $c = \text{MidIn}$ (*MidOut*).

Определение метода дефаззификации

Дефаззификация в системах нечёткого вывода представляет собой процедуру нахождения четких значений выходных переменных, в наибольшей степени отвечающих входным данным и базе продукционных правил. Полученные значения выходных переменных могут быть использованы внешними по отношению к системе нечеткого вывода устройствами или системами.

Для преобразования значения нечеткого терма в численное значение выходной лингвистической переменной экспериментальным путем был выбран *метод центра тяжести*. Центр тяжести нечеткого множества, полученного на этапе аккумуляции, вычисляется по формуле:

$$y = \frac{\int_{Min}^{Max} x \cdot \mu(x) dx}{\int_{Min}^{Max} \mu(x) dx} \quad (2)$$

где x – переменная, соответствующая выходной лингвистической переменной *Out*;

$\mu(x)$ – функция принадлежности выходной лингвистической переменной *Out*; *Min* и *Max* – левая и правая точки интервала носителя нечёткого множества рассматриваемой выходной лингвистической переменной *Out*.

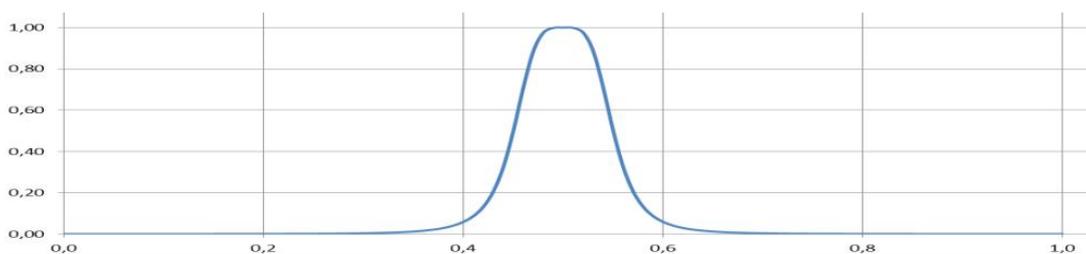


Рисунок 4 – График колоколообразной функции принадлежности при параметрах $(a, b, c) = (0.05, 2, 0.5)$

Формирование базы нечетких продукционных правил системы нечеткого вывода

Нечеткий логический вывод осуществляется на базе знаний, представляющей собой систему нечетких продукционных правил. Базу знаний, как правило, строит эксперт вручную. Это очень трудоемкая и сложная работа. В связи с этим разработан алгоритм формирования базы нечетких продукционных правил.

База нечетких продукционных правил представляет собой конечное множество правил $Pr = \{Pr_1, \dots, Pr_n\}$, согласованных относительно

используемых в них входных лингвистических переменных $In=\{In_1,\dots,In_k\}$ и выходных лингвистических переменных $Out=\{Out_1,\dots,Out_t\}$. При этом под нечетким продукционным правилом понимается выражение вида [9]:

$$(i): Q; P; A \Rightarrow \beta B; S; F; N,$$

где (i) – имя нечеткой продукции;

Q – сфера применения нечеткой продукции;

P – условие применимости ядра нечеткой продукции;

$A \Rightarrow B$ – ядро нечеткой продукции, где

A – условие ядра (антецедент);

B – заключение ядра (консеквент);

S – метод определения количественного значения степени истинности заключения ядра;

F – коэффициент определенности или уверенности нечеткой продукции;

N – постусловия продукции.

Антецедент A и консеквент B нечеткого продукционного правила Pr определяется как нечеткое лингвистическое высказывание следующих видов:

1. высказывание « In есть tr », где In имя лингвистической переменной, tr ее значение, которому соответствует отдельный лингвистический терм из базового терм-множества TR лингвистической переменной In .
2. высказывание « In есть ∇tr », где ∇ модификатор, соответствующий таким словам, как: «ОЧЕНЬ», «ПОЧТИ», «ОЧЕНЬ-ОЧЕНЬ» (ЭКСТРА) и др.
3. составные высказывания (подусловия или подзаключения), образованные из высказываний видов 1 и 2 и нечётких логических операций в форме связок: «and», «or», «not» «if – then».

Исходная информация алгоритма:

– множество входных лингвистических переменных $In=\{In_1,\dots,In_k\}$, где k количество входных переменных;

– выходная лингвистическая переменная Out ;

– симметричная функция принадлежности $\mu(Out)$ для выходной лингвистической переменной;

– нечеткая логическая операция «and» в подусловиях нечетких продукционных правил;

Основные этапы алгоритма.

1. Сформируем множество подусловий нечетких продукционных правил вида $ir_{il} = (In_i \text{ есть } tr_l) \in IR_i$, где $tr_l \in TR_{in}$, $i=1..k$, $l=1..|TR_{in}|$. Для этого с каждой входной лингвистической переменной In_i построим декартово произведение $\{In_i\} \times TR_{in}$ и зададим на нем полное соответствие «есть»: $In_i \rightarrow tr_l$.
2. Сформируем множество заключений нечетких продукционных

правил вида $cr_i = (Out\ есть\ tr_m) \in CR$, где $tr_m \in TR_{Out}$, $m=1..|TR_{Out}|$. Для этого аналогично построим декартово произведение $\{Out\} \times TR_{Out}$ и зададим на нем полное соответствие «есть»: $Out \rightarrow tr_m$.

3. Сформируем нечеткие продукционные правила pr_j . Для этого построим декартово произведение $D = IR_1 \times \dots \times IR_k \times CR$. В каждом компоненте $d_j = (ir_{1q}, \dots, ir_{kg}, cr_s) \in D$, добавим ключевые элементы правила pr_j : оператор «if», логическую операцию «and» и оператор «then». Оператор «if» определяет начало правила, операция «and» соединяет подусловия компонента d_j , оператор «then» соединяет подусловия ir_{il} с заключением cr_s .

4. Таким образом, генерируется база нечетких продукционных правил PR , отвечающая требованию полноты, но обладающая свойством противоречивости. Устранение противоречивости базы знаний происходит путем поиска минимального покрытия $MinPR$ базы правил PR .

5. Для каждого условия правила pr_j вычислим t-норму. t-норма (дополнительная бинарная операция T на $[0;1] \times [0;1] \rightarrow [0;1]$) вычисляется как вероятностное пересечение центров ядер $MidIn_i$ нечетких множеств \tilde{A}_i , термы которых tr_i входят в подусловия $ir_{il} = (In_i\ есть\ tr_i)$ правила pr_j : $T_j(MidIn_1, \dots, MidIn_k) = \prod_{i=1}^k MidIn_i$.

6. Вычислим отклонение t-нормы от центра ядра $MidOut$. Для нечетких множеств \tilde{A}_m , термы tr_m которых входят в заключение $cr_i = (Out\ есть\ tr_m)$ правила вычислим отклонение t-нормы от центра ядра $MidOut$: $\Delta_j = |T_j - MidOut_j|$.

7. Определим α -сечение нечеткого множества \tilde{A}_m , каждого терма $tr_m \in TR_{Out}$: $\alpha_j = \frac{|MidOut_{j+1} - MidOut_j|}{2}$.

8. Отбор правил в минимальное покрытие $MinPR$. Если $\Delta_j \leq \alpha_j$, то правило pr_j включаем во множество $MinPR$, т.е. $pr_j \in MinPR$.

Таким образом, генерируется база нечетких продукционных правил PR , отвечающая требованию полноты и непротиворечивости.

Используя данный способ, были построены две базы правил: первая – для определения степени правильности ответа на задания типов «Подстановка» и «Воспроизведение», содержащая 121 правило; вторая – для определения степени правильности решения типовой задачи, содержащая 22 правила. Ниже приведены примеры полученных правил.

if In_1 =очень-очень высокая **and** In_2 =почти очень высокая **then** Out =высокая

if In_1 =средняя **and** In_2 =очень-очень высокая **then** Out =средняя

if In_1 =низкая **and** In_2 =почти очень высокая **then** Out =низкая

Вычислительные эксперименты

Рассмотрим экспериментальное тестирование базы нечетких продукционных правил. Для этого был разработан тест, по которому было проведено тестирование студентов, результаты которого оценивала группа экспертов по шкале [0;1]. На основе экспертных оценок был проведен анализ, определивший согласованность мнений экспертов путем вычисления коэффициентов вариабельности. Этот же тест был оценен с помощью нечеткого регулятора. Результаты описанных вычислений приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценивания заданий теста

№	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Оценка эксперта	Оценка, нечеткого регулятора	Отклонение от оценки эксперта
1	1	1	1	1	1	1	0,98	0,02
2	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,68	0,63	0,05
3	1	1	1	1	1	1	0,98	0,02
4	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,62	0,02
5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,58	0,56	0,02
6	1	1	1	1	1	1	0,98	0,02
7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	0,78	0,76	0,02
8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,5	0,62	0,62	0
9	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,42	0,45	0,03
10	1	1	1	1	1	1	0,98	0,02

Анализ результатов тестирования баз нечетких продукционных правил показал, что отклонение оценки нечеткого регулятора от оценки эксперта не превышает 0.05, что говорит о корректности разработанных баз нечетких продукционных правил, предназначенных для оценивания заданий открытого типа, и отражающих корректность работы разработанных способов.

Заключение

В итоге работы был разработан алгоритм анализа дерева решений и оценки его корректности методом доказательства теорем, для заданий, требующих в качестве ответа написание хода решения и конечного результата поставленной задачи. Основными этапами которого являются: *Анализ формул на правильное построение, Построение дерева решений, Определение степени правильности ответа.*

Литература

1. Акобир Шахиди. Деревья решений - общие принципы работы. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/tree/description/>

2. Найханова Л.В. Технология создания методов автоматического построения онтологий с применением генетического и автоматного программирования: монография. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СОРАН, 2008. 244 с.
3. Маслов С.Ю. Некоторые свойства аппарата канонических исчислений Э. Поста. [Электронный ресурс]. URL: - http://www.mathnet.ru/php/getFT.phtml?jrnid=tm&papered=1608&what=fullt&option_lang=rus.
4. Чень Ч., Р. Ли Математическая логика и автоматическое доказательство теорем / Под ред. С.Ю. Маслова. М.: Наука, 1983. 360 с.
5. Видео урок – «Отладка приложения в UniMod». [Электронный ресурс]. URL: -<http://unimod.sourceforge.net/viewlet/debugger-demo-rus.html>.
6. Видео урок – «Разработка приложения в UniMod». [Электронный ресурс]. URL: -<http://unimod.sourceforge.net/viewlet/animated-demo-rus.html>.
7. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику [Электронный ресурс]. URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1.php>.
8. Зайченко Ю.П., Заяц И.О. Исследование разных видов функций принадлежности параметров нечетких прогнозирующих моделей в нечетком методе группового учета аргументов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gmdh.net/articles/usim/Zaychenko.pdf>.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736 с.

Параллельные вычисления в системах визуализации данных

Важнейшая задача, которую приходится решать разработчикам средств автоматизации для управления распределенными системами обслуживания (PCO), связана с необходимостью снижения информационной нагрузки на диспетчеров. При этом информативность оперативных данных должна быть достаточной для принятия ими обоснованных решений. Представим процесс принятия оператором решения как выработку некоторого управляющего воздействия D на систему:

$D=F(PR)$ где $\{P\}$ – вектор параметров, описывающих текущее состояние системы, а вектор $\{R\}$ целевое. Эффективность процесса управления оценивают с помощью различных критериев, одним из которых является время, затрачиваемое оператором на формирование управляющего воздействия. Оперативность работы диспетчеров зависит от объема данных о состоянии системы (PR) и способах их представления. В работе описывается подход к снижению нагрузки на операторов за счет использования динамической визуализации информации [1] на разных стадиях процесса управления.

В общем случае, под визуализацией понимается процесс представления некоторых данных в графическом виде. Визуализация является одним из важнейших средств, облегчающих понимание явлений, описанных данными большого объема. Одной из важнейших функций систем управления PCO является задача распределения нагрузки между исполнительными устройствами или подсистемами. Эта задача ложится на плечи диспетчеров или операторов систем. При интеграции PCO число объектов в системе возрастает линейно, а объем информации (PR) , необходимой для управления ими, растет квадратично. Это значительно увеличивает нагрузку на операторов систем. Выходом из сложившейся ситуации, который рассматривается в работе, является использование средств визуализации для компактного представления данных.

Существующие системы управления PCO достигли значительных успехов в автоматизации функций сбора и отображения данных, преследуя цель снабдить оператора как можно более полной информацией о состоянии системы $\{P\}$ и входных воздействиях на нее в виде поступающих заявок $\{Q\}$, для повышения обоснованности управляющего воздействия D . При этом вопросам автоматизации непосредственно управления уделяется

меньшее внимание. Однако такой подход приводит к необходимости анализа операторами все больших объемов информации. В чем же заключается причина подобных тенденций? Ответ на этот вопрос связан с тем, что реализация функции управления требует внесения в систему поддержки принятия решений весьма существенных интеллектуальных признаков, а это плохо формализуемые процедуры.

В качестве альтернативы описанному подходу, предлагается не увеличивать, а уменьшать размерность вектора $\{P\}$, автоматически исключая из рассмотрения оператором те параметры, которые не оказывают влияния на качество D . Такой подход можно назвать *динамической визуализацией* данных, поскольку он предполагает *изменение* числа параметров системы выводимых на пульт оператора. Динамическая визуализация не должна исключать возможность управления системой в ручном режиме, она является только вспомогательной функцией.

Рассмотрим экспериментальную модель системы управления РСО с функцией динамической визуализации данных. В общем случае на пульте оператора должна быть представлена следующая информация о состоянии РСО:

1. Мониторинг обслуживаемой территории.
2. Отображение имеющихся ресурсов.
3. Отображение поступающих заявок.
4. Текущее распределение ресурсов.

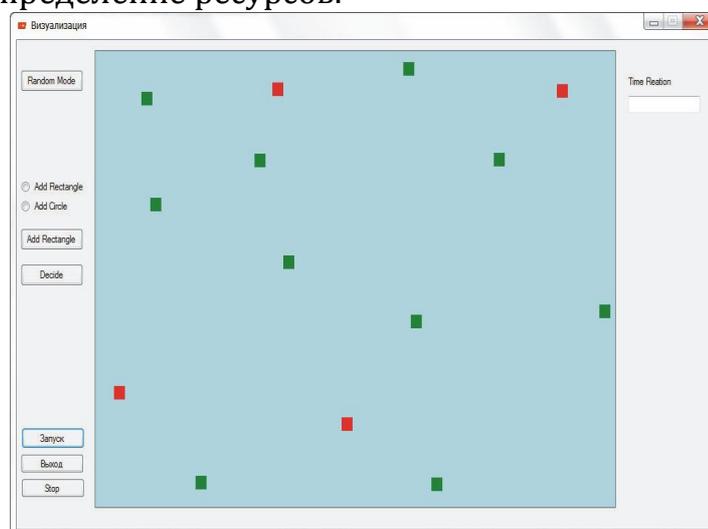


Рис. 1. Пульт оператора системы управления.

Мониторинг обслуживаемой территории предполагает наличие на пульте оператора информации о состоянии транспортной сети, климатической и техногенной обстановке. Диспетчеру для принятия обоснованного решения необходимы данные не только о текущем положении исполнительных элементов и заявок, но и их характеристики. Пульт оператора, отвечающий минимальным требованиям к информативности данных, представлен на рисунке 1. Для простоты информация о состоянии транспортной сети на этом рисунке не показана.

Как только заявка на обслуживание поступает в систему, она сразу отображается на экране, одновременно с информацией об обслуживаемых ресурсах. После этого оператор системы может осуществлять распределение ресурсов в ручном режиме.

Для проведения исследований эффективности метода динамической визуализации были реализованы два варианта отображения обслуживаемых ресурсов и заявок. В первом варианте координаты объектов формируются с помощью генератора случайных чисел, а во втором читаются из тестового файла. Ниже представлен фрагмент программы на языке C#, которая выполняет отображение имеющихся ресурсов:

```
for (i = 0; i < Resource.Count; i+=2)
{
    Graphic g = this.Creategraphics();
    g.DrawRectangle(Pens.Green, Resource[i],Resource[i + 1],15,15);
    g.FillRectangle(Brushes.Green, Resource[i], Resource[i + 1], 15, 15);
}
```

Сначала данные об обслуживаемых ресурсах, хранящиеся в файле, передаются в контейнер *Resource* и с его помощью отображаются на пульте оператора в виде прямоугольников зеленого цвета. Количество обслуживаемых объектов определяется числом записей в файле.

Аналогичный фрагмент программы выполняет функцию отображения поступающих в систему заявок:

```
for (i = 0; i < Query.Count; i += 2)
{
    Graphic g = this.Creategraphics();
    g.DrawRectangle(Pens.Red, Query[i], Query[i + 1], 15, 15);
    g.FillRectangle(Brushes.Red, Query[i], Query[i + 1], 15, 15);
}
```

Если для получения координат поступающих заявок используется генератор случайных чисел, то они передаются в контейнер *Query* для последующего отображения на пульте оператора в виде прямоугольников красного цвета.

В приложении к задаче диспетчеризации мы можем использовать принцип динамической визуализации для ограничения зоны принятия решения (рис. 2).

На рисунке 2 автоматически выделена зона, включающая заявки и ближайшие к ним свободные обслуживаемые объекты. При нажатии на кнопку *Decide* происходит автоматическое распределение заявок с помощью одного из алгоритмов решения задачи назначения на узкие места. Если оператор согласен с предлагаемым решением, он нажимает кнопку *Accept* (*принять*) и передает информацию о заявках соответствующим обработчикам. Если найденное решение не устраивает оператора, он нажимает кнопку *Deny* (*отказ*) может либо произвести

распределение заявок вручную или сформировать новую зону для автоматического решателя с помощью команды *Add Rectangle*.

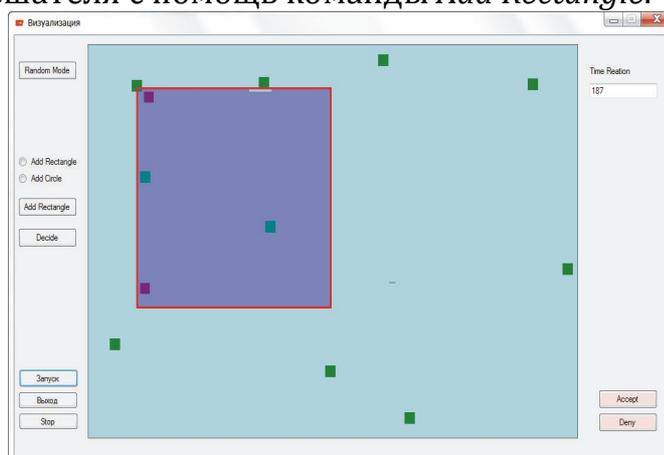


Рис. 2. Режим динамической визуализации.

Предлагаемый подход требует весьма существенного расширения функций систем визуализации, она трансформируется в специализированный графический редактор [2].

Необходимо отметить, что и выделение ограниченной зоны на дисплее оператора, и автоматическое распределение заявок являются вычислительно сложными задачами, для решения которых системе поддержки принятия решений отводится ограниченное время. Кроме того, автоматизация процесса управления будет эффективна только в том случае, когда формируемые решения не будут уступать тем, которые получает диспетчер. Это значит, что мы должны использовать для вычисления $D=F(P,R)$ алгоритмы оптимизации, обеспечивающие точное решение в широком диапазоне размерностей. Следовательно, необходимо решать задачу диспетчеризации *точно* и *быстро*.

Удовлетворить эти противоречивые требования можно с помощью многоядерных микропроцессоров, позволяющих реализовывать параллельные алгоритмы оптимизации.

Для оценки целесообразности включения динамической визуализации в систему управления требуется проведение натурных экспериментов с участием диспетчеров и имитацией режимов стационарной и пиковых нагрузок.

Литература

1. Тхан Зо У. Использование средств визуализации в моделях управления // 17-я Всероссийская межвузовская научно-техническая конференция студентов и аспирантов: МИЭТ, 2010.
2. Лупин С.А., Тхан Зо У, Тан Шейн. Функциональный графический редактор в системах поддержки принятия решений. // Информационные технологии, электронные приборы и системы: материалы Международной научно-практической конференции: Минск, 2010.

Чусавитин М.О.

НИУ ВШЭ, аспирант
chusavitin@gmail.com

Применение ИТ-решений при управлении непрерывностью бизнеса

В современном информационном обществе наблюдается растущая зависимость успешности бизнеса от эффективной и непрерывной работы информационной инфраструктуры. Информатизация и автоматизация всех сфер человеческой деятельности влечет за собой повышение масштабов производственных аварий и катастроф, которые увеличивают объем ущерба для хозяйствующего субъекта.

По данным МЧС России, на территории Российской Федерации за 2010 год произошло 338 чрезвычайных ситуаций, из них 199 техногенного характера (59%). За 10 месяцев 2011 г. произошло 156 техногенных чрезвычайных ситуаций (без учета техногенных пожаров в жилом секторе и на объектах экономики), что на 11% выше показателей аналогичного периода 2010 г. (140 ЧС). Спектр угроз экономической, физической и информационной безопасности, а также перечень уязвимостей технической инфраструктуры отечественного бизнеса, и в частности корпоративных информационных систем, постоянно растет. При этом, один час простоя обходится в энергетике в сумму более \$ 2,7 млн; в телекоммуникациях - \$ 2 млн; в финансовом секторе - \$ 1,5 млн; в ритейле - \$ 1 млн. (по данным META Group).

Данные тенденции приводят к появлению новых подходов в управлении, связанных с обеспечения непрерывности деятельности ИТ-зависимого бизнеса. В ГОСТе 53647.1-2009 под непрерывность бизнеса (деятельности) понимается «стратегическая и тактическая способность организации планировать свою работу в случае инцидентов и нарушения ее деятельности, направленная на обеспечение непрерывности деловых операций на установленном приемлемом уровне» [1]. Однако, по данным опроса более 1000 компаний проведенного AT&T, у 25% средних и крупных компаний нет плана обеспечения непрерывности бизнеса или иных документов на случай восстановления деятельности компании. Даже среди организаций, обладающих таким планом, 27% не обновляли его в течение года, а 19% — в течение пяти лет, что равносильно его отсутствию. В среднестатистической организации ежегодно происходит примерно 13 незапланированных простоев; средняя продолжительность каждого — 4 часа. В исследовании, проведенном журналом Contingency Planning & Management и компанией KPMG, отмечается, что более 70 % респондентов отметили, что деятельность их фирм прерывалась по различным причинам. Наиболее частыми причинами простоев являются отказ оборудования и

перебои в электропитании (см. рис. 1) [4].

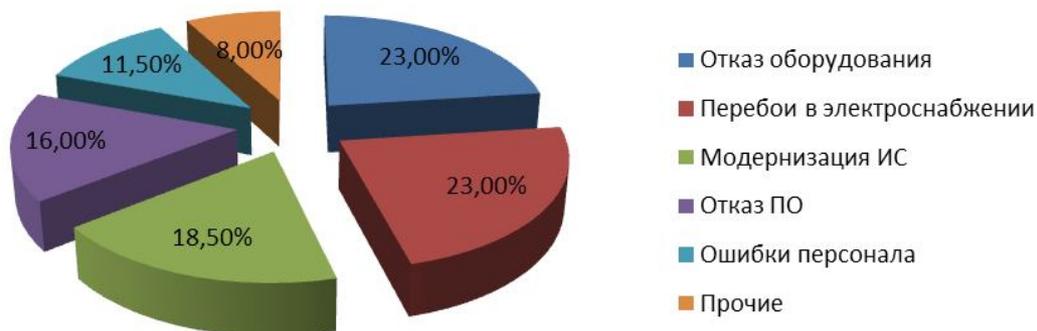


Рис. 1 . Статистика причин сбоев

Согласно исследованию компании Symantec, среди компаний внедривших планирование восстановления 75% респондентов больше всего опасаются потери данных и 62% — высокой стоимости простоя, 56 % — потери доверия клиентов и репутации, 51 % снижения производительности труда соответственно. Однако ликвидация кризисных ситуаций по заранее разработанному плану, как правило, обходится компаниям дешевле, чем решение проблем по мере их возникновения. Практика убедительно свидетельствует о том, что только те компании, которые своевременно воспользовались апробированными рекомендациями по обеспечению НБ, смогли не только избежать крупных аварий, гибели сотрудников, финансовых и материальных потерь, но и повысить уровень устойчивости организации, правильно распределить имеющиеся ресурсы путем концентрации на действительно критичных аспектах деятельности организации.

Таким образом, процесс управления непрерывностью бизнеса (УНБ) представляет собой важную стратегическую задачу для руководства компаний. Технология УНБ является неотъемлемой частью производственной деятельности крупных компаний и государственных организаций, что позволяет им обеспечить практически бесперебойное функционирование в случае чрезвычайных происшествий малого и среднего масштаба и восстанавливать свою деятельность с минимальными, заранее просчитанными убытками в случае широкомасштабных бедствий.

Проблемы, связанные с УНБ, и подходы к ее решению сегодня находят отражение в ряде научных трудах зарубежных и отечественных ученых по экономике, менеджменту, информационной безопасности, кибернетике и информатике. Наибольшее количество исследований сегодня проводится по вопросам УНБ для кредитно-финансовых организаций, определяя возможность и способность банковской сферы переносить катастрофические события как финансового, юридического, так и

физического характера.

Зарубежный опыт в исследовании вопросов планирования непрерывности бизнеса представлен в работах A. Andrew Hiles, Susan Snedaker, John W. Rittinghouse, James F. Ransome, James C Barnes. Наиболее фундаментально концепция непрерывности бизнеса рассмотрена в работах С. Актар и А. Сиид, М. Вайцерок, У. Науекс, Б. Барлетт, Р. Барлетт. В исследовании Patel Paresh K. [6] рассмотрена проблема оценки величины убытков компаний в процессе сбоев (прерываний, простоев) инфраструктуры происходящих по вине Интернет, в случаях недоступности онлайн-сервисов. Автор использует исследовательскую стратегию кейс-стади чтобы понять как Independent Financial Marketing Group (IFMG Независимая Финансовая Маркетинговая Группа) считает стоимость простоев интернет сервисов. Рассмотренные методы и процессы, по которым бизнес определяет цены простоя Интернет-инфраструктуры, могут использоваться и при построении модели непрерывности бизнеса.

Многие ученые и практики сходятся во мнении, что среди объектов, которые оказывают существенное влияние на непрерывность бизнес-процессов, основным является персонал, не без основания считая, что многие бедствия являются разрушительными, поскольку сотрудники организации игнорируют или не могут извлечь уроки из прошлого. Так D. L.Cooke and T.R. Rohleder [7] разработали организационную систему реагирования названную «Обучение инцидентам», при котором инциденты используются для обучения, смягчения волнений и поддержки организаций в процессе предотвращения стихийных бедствий. Формируемая в процессе работы с системой изучения инцидентов поведенческая модель обеспечивает полезную информацию для менеджеров, занимающихся управлением в чрезвычайных ситуациях и обеспечением непрерывности деятельности организации.

Существует ряд организаций, разрабатывающих методологическую базу концепции УНБ. К таким организациям можно отнести Институт УНБ (Business Continuity Institute, BCI), который объединяет профессионалов с целью разработки стандартов и коммерческой этики в названной области.

В России концепция УНБ бизнеса рассматривается и внедряется, прежде всего, как составляющая часть корпоративного управления информационной структуры компании. Многие авторы подчеркивают, что в условиях текущего экономического кризиса в России многократно увеличивается вероятность наступления опасных событий и чрезвычайных ситуаций, которые могут привести к нарушению нормальной деятельности предприятий и организаций, к невозможности выполнения возложенных обязательств перед потребителями и контрагентами, что может повлечь дестабилизацию государства в целом. Большое количество публикаций посвящено практике внедрения СУНБ, эффективному управлению непрерывностью бизнеса с помощью интегрированных средств автоматизации, обзору нормативных документов и стандартов, которые

применяются в работе по управлению непрерывностью бизнеса, управлению рисками и обеспечению информационной безопасности в различных организациях, какие требования предъявляются к организации обеспечения непрерывности бизнеса и его восстановления после прерываний [5, 6, 7, 8, 9 и др.]. Так Башкаев Д.В., рассматривает проблемы повышения вероятности выживания организаций в чрезвычайных условиях, сохранения их основных экономических показателей, избежание экономических, социальных, экологических катастроф, на пути внедрения инновационных технологий управления бизнес-кризисами на основе стандартов менеджмента непрерывности бизнеса (МНБ) [8]. Автор считает МНБ важным элементом успешного бизнес-менеджмента и предпринимательской дальновидности.

Практически во всех названных исследованиях подчеркивается, что разработка программы непрерывности бизнеса позволяет защищать активы организации и снижает возможность простоя, минимизирует потенциальный вред, страховые выплаты и потери; обеспечивает организационную стабильность, а также обеспечивает обслуживание клиентов благодаря доступности жизненно важных ресурсов и непрерывности операций.

В условиях глобальной информатизации наиболее остро стоит проблема, связанная с необходимостью предотвращения негативных последствий глобальной информатизации, противодействия угрозам использования потенциала ИКТ для нанесения ущерба состоянию защищенности интересов различных субъектов в информационной сфере, проблема обеспечения информационной безопасности. В ряде исследований рассматриваются вопросы управления информационной безопасностью в аспекте обеспечения непрерывности бизнеса. Наибольший интерес вызывает обсуждение вопросов, связанных с организацией разработки и внедрения системы менеджмента информационной безопасности и обеспечения непрерывности бизнеса, основные этапы и особенности проектов создания и внедрения указанных систем, ключевые факторы успеха и неудач и трудности с которыми можно столкнуться при реализации подобных проектов.

Вместе с тем, не все аспекты данной проблемы нашли достаточно полное изучение. В частности, представляется, что имеется необходимость поиска более эффективных управленческих решений по УНБ, включающих: интеграцию в бизнес-процессы организации; преодоление фрагментарности, неактуальности СУНБ и несогласованности элементов; приведение стратегии, планов НБ в соответствие с обеспечивающей инфраструктурой; учет новых вызовов и ИТ-угроз; повышение осведомленности персонала.

За последние 5–10 лет в России образовался рынок услуг и продуктов УНБ. Сегодня у нас в стране более 20 компаний предоставляют услуги в данной сфере, в их числе: Business Protection Systems International; Computer

Alternate Processing Sites; Computer Security Consultants, Inc; Hewlett-Packard Business Continuity and Recovery services; IBM Business Continuity and Recovery services; LBL Technology; Recovery Point Systems; SunGard Availability Services и др. Начато преподавание курсов по УНБ на русском языке, где слушатели знакомятся с передовым опытом в области управления проектами по созданию систем УНБ (СУНБ), новейшими программными системами и примерами выхода из реальных кризисных ситуаций; появился отряд сертифицированных профессионалов имеющих практические навыки по созданию и поддержанию СУНБ в организации.

В целом программное обеспечение планирования и УНБ можно условно разделить на следующие категории:

- автономные средства по оценки воздействий на бизнес. Здесь ввод данных производится вручную менеджерами и затем экспортируется в поддерживаемые средства ВСП;
- генераторы планов непрерывности бизнеса. Эти средства представляют собой, по сути, экспертные системы с определенными базами знаний и позволяют сгенерировать актуальный план непрерывности компании;
- базы данных планирования непрерывности данных. Отображают необходимую информацию о планировании непрерывности бизнеса с учетом специфики деятельности компании;
- средства совместного распределенного планирования непрерывности бизнеса. Эти средства позволяют реализовать некоторый корпоративный стандарт обеспечения непрерывности бизнеса в распределенной вычислительной среде.

Использование автоматизированного ПО для управления непрерывностью бизнеса обеспечивает следующие преимущества:

- автоматическое создание планов на основе информации об инфраструктуре компании, бизнес-процессах и приложениях, данных о сотрудниках, контрагентах;
- использование универсальных архитектур баз данных для упрощения процедур анализа риска и развития планов по восстановлению и непрерывности бизнеса;
- упрощение процессов поддержки текущих планов непрерывности бизнеса, ускорение процесса проведения повторного анализа воздействия на бизнес;
- синхронизирование и автоматизированная интеграция с внешними источниками данных - кадровой базой данных, CMDB и т.п.;
- повышение достоверности и эффективности элементов СУНБ;
- снижение затрат на управление непрерывностью деятельности и др.

Многие ученые и практики сходятся во мнении, что среди объектов, которые оказывают существенное влияние на непрерывность бизнес-процессов, основным является персонал, не без основания считая, что

многие бедствия являются разрушительными, поскольку сотрудники организации игнорируют или не могут извлечь уроки из прошлого. Во многих современных компаниях создается организационная структура, непосредственно занимающаяся проблемами обеспечения непрерывности бизнеса (сектор управления непрерывностью деятельности), вводятся должности менеджеров по управлению непрерывностью бизнеса; восстановлению после чрезвычайных обстоятельств; планировщиков непрерывности бизнеса; специалистов по управлению страховыми рисками, ИТ-рисками, проектными рисками; кризис-менеджеров; внутренних аудиторов; менеджеров/директоров ИТ департаментов, менеджеров по обеспечению соответствия законодательным нормам и др.

Для решения проблем подготовки ИТ-специалистов, компетентных в вопросах обеспечения непрерывности деятельности организации на факультете информатики ФГБОУ ВПО «МаГУ» нами разработан учебный курс «Управление непрерывностью бизнеса». При разработке содержания курса мы основывались на требованиях к компетенциям в области менеджмента непрерывности бизнеса (МНБ) и на рекомендациях по составлению программ обучения изложенных в ГОСТе Р 53647.3-2010. Согласно стандарту, сотрудники должны быть компетентны в следующих областях: менеджмент; анализ воздействия на бизнес; оценка риска и управление риском; определение стратегий менеджмента непрерывности бизнеса; координация работ с внешними аварийными службами; ответные меры и оперативное управление в условиях инцидента; разработка и внедрение планов управления в условиях инцидента и планов обеспечения непрерывности бизнеса; обмен информацией об инциденте; планы по поддержке и проведению учений; программы повышения осведомленности и обучения персонала [3, с. 42].

В рамках курса студенты получают представления о методологии и передовых практиках построения систем управления непрерывностью бизнеса. В качестве программной поддержки курса используется решение по управлению непрерывностью бизнеса – Continuity Management Solution компании Sungard Availability Services. Решение обеспечивает поддержку всех фаз жизненного цикла системы обеспечения непрерывностью и восстановления деятельности (ОНиВД). Программное обеспечение для студентов было предоставлено партнером Sungard Availability Services - российским поставщиком услуг на рынке управления непрерывностью бизнеса — компанией «Алмитек».

Платформа Continuity Management Solution содержит 7 продуктов, связанных интегрированной базой данных, что позволяет достичь максимального эффекта от автоматизации отдельных этапов жизненного цикла системы СУНБ:

- LDRPS 10 (Living Disaster Recovery Planning System) – система для создания и поддержания в актуальном состоянии планов обеспечения

- непрерывности бизнеса/аварийного восстановления;
- BIA Professional (Business Impact Analysis Professional) – инструмент для проведения анализа воздействия на бизнес, позволяющий автоматизировать процесс разработки опросных листов, их распространение, сбор и последующий анализ информации;
 - Risk Assessment - продукт для автоматизации процесса оценки рисков помогающий выявлять риски, связанные со стихийными бедствиями, техногенными, технологическими и человеческими факторами, оценить их влияние на объекты инфраструктуры организации, их вероятности и возможные последствия.
 - Work Force Assessment - система онлайн оценки готовности персонала к наступлению чрезвычайной ситуации включающая в себя механизмы сбора и анализа детальной информации о персонале организации и его способности выполнять задачи, связанные с обеспечением непрерывности бизнеса.
 - NotiFind – услуга обеспечения кризисной коммуникации, обеспечивающая в случае наступления ЧС гарантированную доставку сообщений (в том числе, массовую) с поддержкой всех доступных средства связи;
 - [Vendor Assessment](#) – система оценки и скоринга поставщиков позволяющая провести анализ всех поставщиков организации, выявить уязвимости в цепочках поставок как при выборе новых поставщиков на конкурсной основе, так и для оценки надежности уже существующих;
 - [Test Management](#) – система управления тестированием планов позволяющая эффективно планировать проведение тестов, анализировать результаты и формировать планы действий по устранению выявленных проблем;
 - [Incident Manager](#) – система управления в кризисной ситуации позволяющая централизованно управлять информацией, поступающей с места ЧС, обеспечивать эффективную коммуникацию между всеми заинтересованными сторонами, руководить командами восстановления, протоколировать все события для последующего анализа [10].

Факультет информатики МаГУ заключил соглашение об использовании Continuity Management Solution компании Sungard Availability Services при проведении учебного курса для студентов факультета информатики МаГУ в рамках глобальной программы поддержки высших учебных заведений. Подготовка будущих студентов по вопросам МНБ с использованием данного программного обеспечения позволит будущим ИТ-специалистам квалифицировано участвовать в разработке, внедрении, поддержке развития и сопровождения актуальных планов непрерывности бизнеса.

Статья написана в рамках проекта № 8.3023.2011 «Исследование и разработка методов и средств управления непрерывностью бизнеса».

Литература

1. ГОСТ Р 53647.1-2009. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 1. Практическое руководство. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 998-ст
2. ГОСТ Р 53647.2-2009. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 2 Требования. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. № 998-ст.
3. ГОСТ Р 53647.3-2010. Менеджмент непрерывности бизнеса. Часть 3. Руководство по внедрению. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. № 735-ст.
4. Ринг М. Анализ факторов, влияющих на непрерывность бизнеса в новом тысячелетии // CNews: Электронный ресурс. Режим доступа: <http://csm.cnews.ru/reviews/free/security/kpmg.shtml>.
5. Петренко С.А., Беляев А.В. Управление непрерывностью бизнеса. Ваш бизнес будет продолжаться. Информационные технологии для инженеров. – М.: ДМК Пресс; М.: Компания АйТи, 2011. – 400 с.
6. Patel Paresh K. Estimating the cost of internet service outages: a case study of the methods and factors - Capella University, 2009, - p.167.
7. Cooke, D. L., & Rohleder, T.R. . Learning from incidents: from normal accidents to high reliability. System Dynamics Review, 22(3), 2006. - p.213
8. Башкаев Д.В. Внедрение инновационных технологий управления бизнес-кризисами на основе стандартов менеджмента непрерывности бизнеса// Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные технологии и управление бизнес-кризисами». - Режим доступа: <http://www.mba.nnov.ru/conf/008/>
9. Чусавитин М.О. Применение методов имитационного моделирования при управлении непрерывностью бизнеса //Труды Вольного экономического общества России. Том сто шестьдесят четвертый. Москва: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2011. - С. 192—200.
10. Sungard Continuity Management Solution. - Режим доступа: <http://www.almitech.ru/index.php?act=uslugi&id=30&pid=2>

Якимович Б.А.,

Ижевский государственный технический университет им.
М.Т.Калашникова, доктор технических наук, профессор
rector@istu.ru

Щенятский А.В.,

Ижевский государственный технический университет им.
М.Т.Калашникова, доктор технических наук, профессор
fmim@istu.ru

Вологдин С.В.

Ижевский государственный технический университет им.
М.Т.Калашникова, кандидат технических наук, доцент
vologdin_sv@mail.ru

Разработка пакета прикладных программ по повышению энергоэффективности системы централизованного теплоснабжения

Аннотация

Программный комплекс «Энергоэффективность» системно объединяет алгоритмы оптимизации параметров многоуровневой системы централизованного теплоснабжения (СЦТ), расчета равновесных температур помещений, комплексного расчета теплогидравлических режимов от теплоисточников до индивидуального потребителя и методы энергоаудита применительно к задаче снижения дисбаланса системы централизованного теплоснабжения.

Концепция построения пакета программ

В соответствии с Федеральным Законом №261-ФЗ [1] первоочередной задачей по экономии энергоресурсов в системе жилищно-коммунального хозяйства страны является повышение энергоэффективности системы теплоснабжения. Одним из методов повышения энергоэффективности путей является снижение дисбаланса СЦТ, выраженного в несоответствии фактических и требуемых тепловых потерь потребителей как на уровне микрорайонов, зданий в целом так и на уровне отдельных помещений.

Как показывает практика, для принятия оптимальных управленческих решений направленных на повышение энергоэффективности СЦТ необходимо задачи анализа теплогидравлического режима и оптимизации параметров на различных уровнях СЦТ решать в комплексе с использованием методов математического и компьютерного моделирования (см. табл. 1).

Табл.1 Система методов повышения энергоэффективности СЦТ

<i>Методы</i>	<i>Достижимая цель</i>	<i>Краткая характеристика (состав задач)</i>
Энергоаудит	Выявление причин неэффективного использования ТЭР, разработка рекомендаций	Проведение энергетического обследования объектов производства, транспортировки и потребления энергетических ресурсов
Оптимизация гидравлических режимов в тепловых сетях	Снижение дисбаланса первого и второго уровня СЦТ. Обеспечение устойчивости работы	Оперативное управление гидравлическим режимом тепловой сети при перераспределении нагрузок между потребителями теплоты
Оптимизация производства и отпуска теплоэнергии	Обеспечение требуемого режима теплотребления с минимальными затратами	Оперативное перераспределение тепловых нагрузок между тепловыми источниками
Оптимизация теплогидравлического режима системы отопления зданий (СОЗ)	Снижение дисбаланса, нормализация теплового режима СОЗ	Оптимизация сопротивлений гидравлических регуляторов. Приведение мощности отопительных приборов к требуемому уровню
Исследование тепло-гидравлических режимов СОЗ	Обеспечение расчетной температуры помещений	Расчет равновесной температуры помещений. Оптимальное проектирование СОЗ

Иерархическая система теплоснабжения состоит из трех уровней:

- первый уровень - сеть магистральных теплопроводов между теплоисточниками и центральными тепловыми пунктами;
- второй уровень - тепловые сети между центральными тепловыми пунктами и зданиями;
- третий уровень - тепловые сети внутри зданий.

Для решения поставленных задач разработан пакет прикладных программ «Энергоэффективность» для принятия управленческих решений по повышению энергоэффективности системы централизованного теплоснабжения, разработанный на основе программной реализации математических алгоритмов снижения дисбаланса системы теплоснабжения, методов энергоаудита, а также компьютерных методов обработки информации для визуализации и анализа информации по различным элементам тепловой сети.

Практическая эксплуатация программного комплекса позволяет решить фундаментальную задачу по снижению дисбаланса в комплексе с

учетом взаимозависимости всех уровней иерархической СЦТ с целью принятия управленческих и технических решений, направленных на снижение дисбаланса на взаимозависимых уровнях системы централизованного теплоснабжения (см. рис. 1).



Рис. 1. Обобщенная схема управления тепловыми потоками в системе централизованного теплоснабжения

Комплекс математических моделей и алгоритмов по снижению дисбаланса СЦТ основан на фундаментальных положениях методов системного анализа, моделирования, теории гидравлических цепей и оптимального проектирования [2-4] и включает в себя:

- алгоритм оптимизации мощности теплоисточников (горизонтальная связь на первом уровне) и тепловых потоков между ЦТП (вертикальная связь первого и второго уровней) [5];
- алгоритм оптимизации тепловых потоков между абонентами тепловой сети (вертикальная связь второго и третьего уровней) [6];
- алгоритм оптимизации сопротивлений гидравлических регуляторов системы отопления абонентов на третьем уровне [7].

Пакет программ «Энергоэффективность» разработан коллективом ученых ФГБОУ ВПО ИжГТУ и состоит из следующих программных комплексов:

1. Программный комплекс «Информационно аналитическая система теплоснабжения и энергосбережения» в составе подпрограмм:
 - теплогидравлический расчет отопительной системы зданий;
 - теплогидравлический расчет магистральных и внутриквартальных трубопроводов;
 - расчет температуры помещений в зданиях на основе системы уравнений теплового баланса.
2. Программный комплекс «Энергоаудитор» в составе подпрограмм:
 - расчет эффективности проведения энергосберегающих мероприятий;
 - расчет нормативных потерь в электрических и тепловых сетях;
 - расчет нормативного водопотребления зданий и организаций;
 - расчет тепловых потерь зданий;
 - энергетический паспорт здания.

3. Программный комплекс «Оптимизация тепловой сети» в составе подпрограмм:

- оптимизация мощности теплоисточников СЦТ;
- расчет тарифов на тепловую энергию и водоснабжение;
- оптимизации сопротивлений гидравлических регуляторов системы отопления зданий;
- оптимизация тепловых потоков между абонентами тепловой сети.

4. Программный комплекс «Единая информационно - аналитическая система учета ТЭР в организациях бюджетной сферы УР».

Взаимосвязь функциональных блоков программного комплекса представлена на рис. 2.

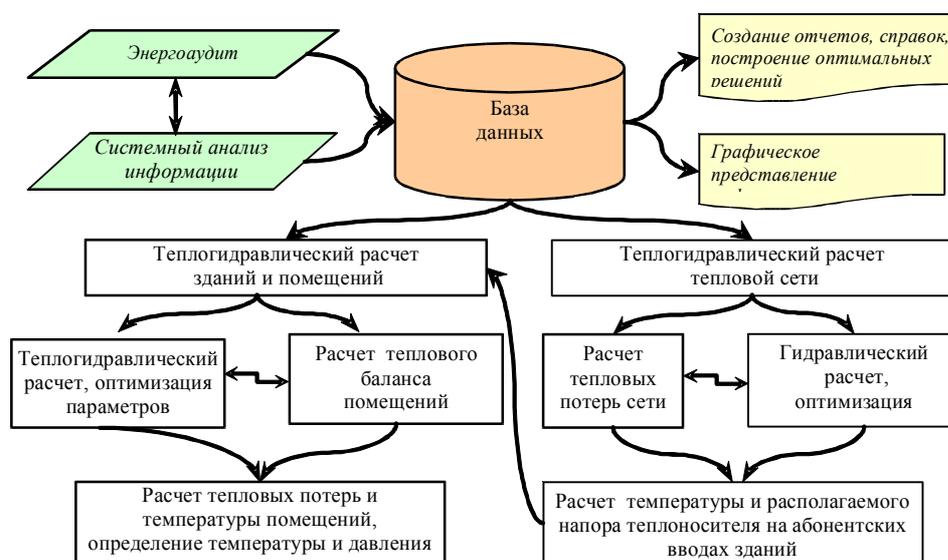


Рис. 2. Взаимосвязь функциональных блоков программного комплекса

Часть разработанного программного обеспечения зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам и получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ [8-9].

Пакет прикладных программ «Энергоэффективность» позволяет:

- решить задачу по минимизации дисбаланса системы теплоснабжения в комплексе на всех уровнях иерархической системы теплоснабжения с учетом взаимозависимости различных уровней;
- определить оптимальный отпуск тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, а также оптимальный напор теплоносителя на различных участках многоконтурной тепловой сети при минимизации затрат на производство и транспортировку теплоносителя;
- проводить комплексный автоматизированный теплотехнический расчет многоконтурной тепловой сети (расчет равновесных

температур помещений, тепловых потерь отдельных помещений зданий в целом, распределения расхода и температуры теплоносителя на различных участках системы отопления зданий и тепловой сети);

- проводить технико-экономическое обоснование различных вариантов реализации реформы жилищно-коммунального хозяйства в части экономии тепловых ресурсов и количественного учета потребителей тепловой энергии;
- осуществлять энергоаудит, как отдельных квартир, так и зданий в целом, составлять энергетические паспорта объектов теплопотребления, а также анализировать эффективность различных энергосберегающих процедур.

Программа ИАСТС

Возможности программы [10]:

- обработка графической и цифровой информации о состоянии объектов наблюдения и учета, анализ фактического и нормативного состояния различных элементов тепловой сети;
- расчет гидравлических и тепловых нагрузок зданий, расчет потребляемой тепловой энергии, структуры тепловых потерь зданий и его отдельных помещений, проектирование тепловой защиты зданий;
- расчет параметров теплоносителя в трубопроводах тепловой сети, построение пьезометрического графика.

Программный комплекс ИАСТС был использован в ФГБОУ ВПО ИжГТУ для выполнения следующих проектов и программ:

1. Проведение энергоаудита и создание баз данных графической и цифровой информации для расчета режимов теплообмена и теплоснабжения комплекса зданий, обслуживаемых ЦТП №5 г. Ижевска;
2. Разработка информационно-аналитической системы расчета теплообмена и теплоснабжения комплекса зданий городской больницы №4 г. Ижевска;
3. Усовершенствование технологии производства и распределения тепловой энергии и технико-экономическое обоснование мероприятий по ее экономии санатория «Металлург»;
4. Энергоаудит системы теплоснабжения комплекса зданий студгородка ИжГТУ и ИжСХА, информационно-методическое обеспечение и технико-экономическое обоснование мероприятий по энергосбережению;
5. Информационно-аналитическая система теплообмена и теплоснабжения комплекса зданий поселка «Южный».

Программа «Энергоаудитор»

Программа предназначена для повышения качества и сокращения

сроков проведения энергетических обследований.

Возможности программы:

- ввод и хранение исходных данных;
- расчет нормативных потерь энергии в заданной тепловой (электрической) сети;
- расчет нормативного водопотребления здания;
- технико-экономическое обоснование энергосберегающих мероприятий;
- автоматизированный расчет и заполнение энергетического паспорта зданий;
- вывод результатов расчета в табличном виде, в виде диаграмм, экспорт данных в документ MS Word в соответствии с шаблонами для заполнения отчета по энергетическому обследованию организаций.

Структура программы представлена на рис. 3. Данная программа позволит энергоснабжающим и энергоаудиторским компаниям за счет автоматизации расчетов повысить эффективность своей работы.

Объектом автоматизации являются процессы преобразования информации, связанные с расчетом годовых и удельных расходов теплоэнергетических ресурсов зданий (тепла, электричества, газа) и воды и с формированием необходимой документации (методики построения отчетов).

Программа рассчитывает параметры, необходимые для формирования энергетического паспорта зданий, с возможностью выбора следующих параметров: наружные и внутренние климатических условия, назначение здания, состав и характеристики ограждающих конструкций зданий и пр.

Выходными документами, сформированными при разработке энергетического паспорта зданий, являются:

- отчет по Энергопаспорту согласно «Приложения Д» СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»;
- отчет согласно Приложения №24 к Требованиям к энергетическому паспорту, составленному на основании проектной документации;
- протокольный отчет согласно «Приложения Г» СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Структура данных для расчета потерь тепла помещениями зданий представляется связанными определенным образом справочными таблицами и таблицами, содержащими данные промежуточных расчетов и характеристик. Поскольку характеристики объекта (здания, сооружения) включают в себя десятки параметров связи между которыми различные (зависимые и независимые друг от друга данные), таблицы связаны всеми видами отношений: «один-ко-многим», «один-к-одному» и «многие-ко-многим». Структуру базы данных представлена на рис. 4.

Программа использовалась специалистами ФГБОУ ВПО ИжГТУ при

проведении энергетических обследований объектов бюджетной сферы Удмуртской Республики, в.т.ч. организаций г. Ижевска, организаций Дебёского, Сарапульского, Малопургинского, Селтинского, Воткинского и Шарканского районов.

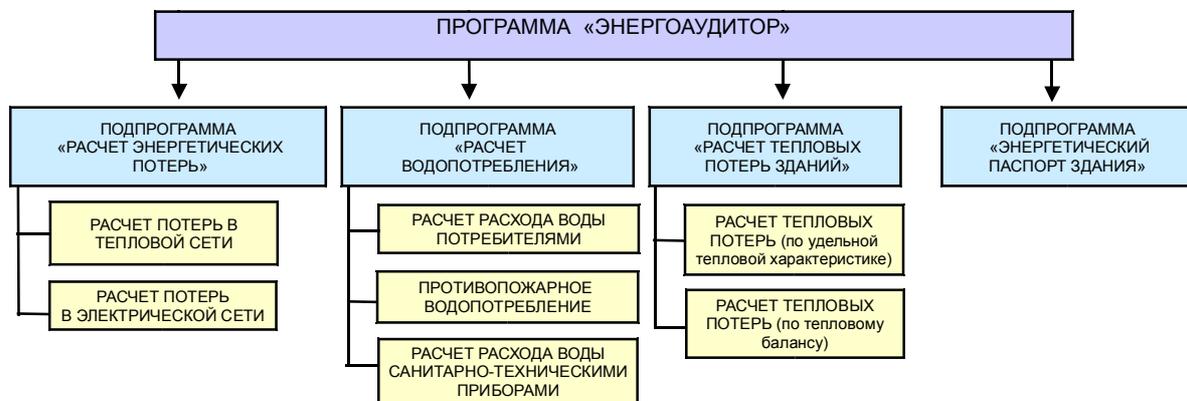


Рис. 3. Структура программы «Энергоаудитор»

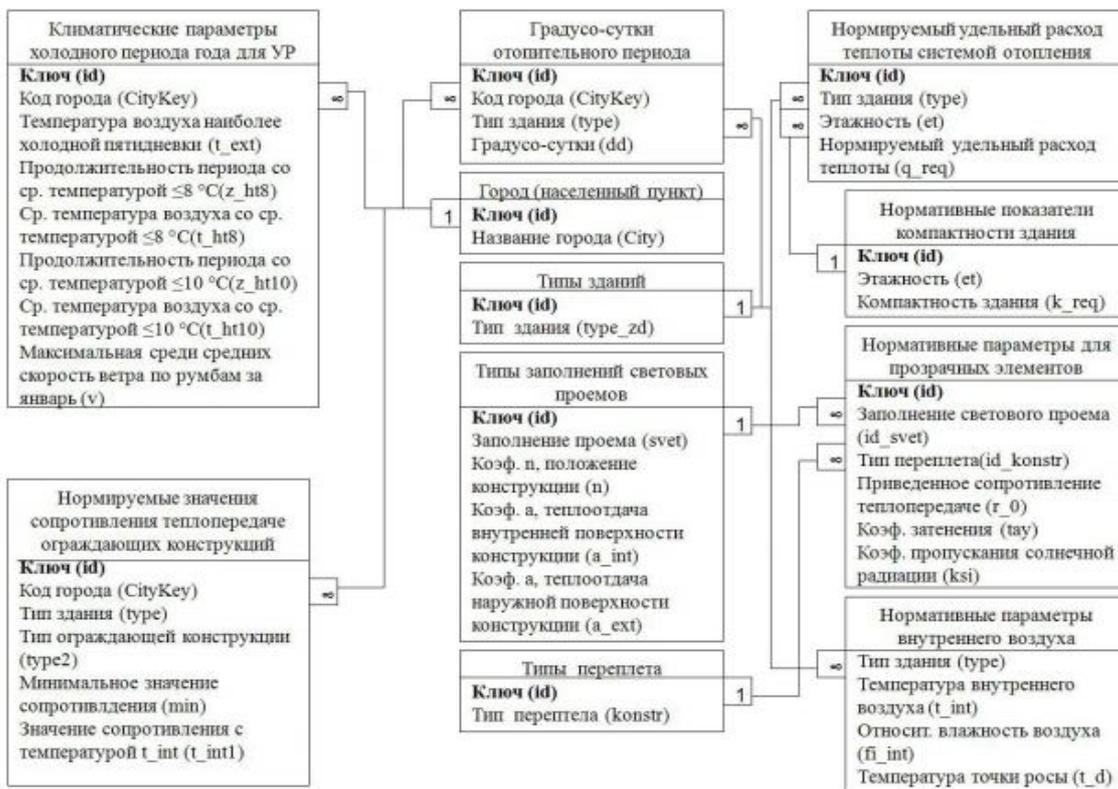


Рис. 4. Схема взаимосвязи таблиц базы данных подпрограммы «Энергетический паспорт здания»

Геоинформационная система «Оптимизация тепловой сети»

Программа обеспечивает выполнение следующих функций [11]:

- создание и редактирование схем тепловых сетей и др. элементов (районы, кварталы, улицы, дома, реки и т.д.), хранение информации по различным элементам тепловой сети;

алгоритм оптимизации параметров тепловой сети впервые объединяет алгоритмы определения оптимальных напоров насосных станций, оптимальной производительности теплоисточников для многоконтурной тепловой сети, расчета себестоимости производства тепловой энергии. Алгоритм оптимизации тепловых потоков между абонентами тепловой сети, в отличие от существующих алгоритмов основан на совместном решении задач по оптимизации диаметров сопл элеваторных устройств и расчету равновесных температур помещений абонентов. Новизна алгоритма структурно-параметрического синтеза по снижению дисбаланса отопительной системы зданий заключается в совместном решении задач определения структуры модели «отопительный прибор – термостат» (схема и способ подключения, мощность приборов отопления), оптимизации сопротивлений гидравлических регуляторов (термостатов приборов отопления), расчету равновесных температур помещений.

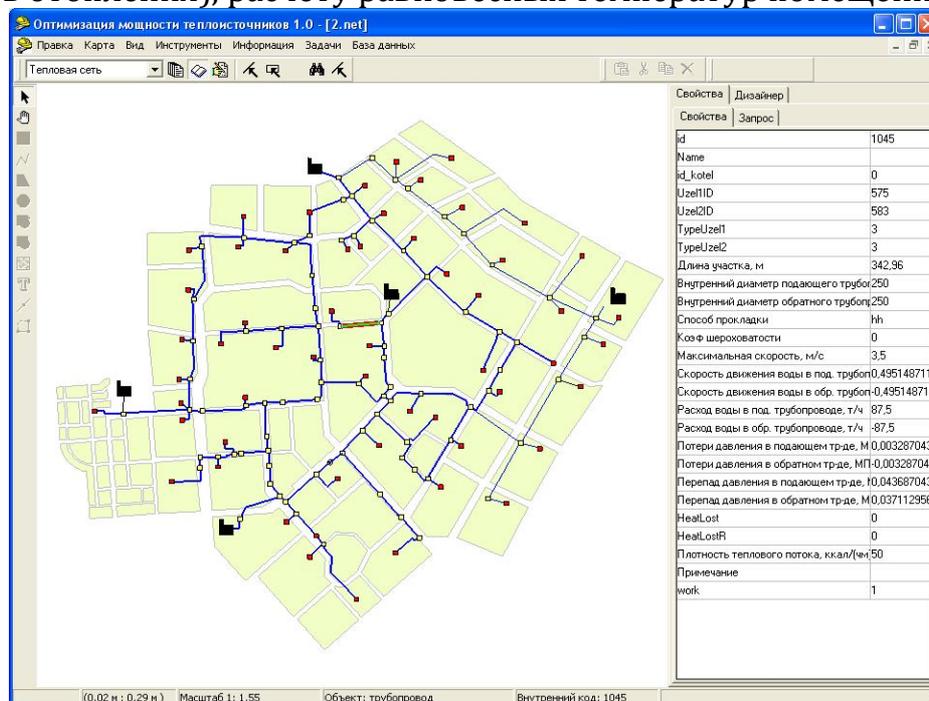


Рис. 6. Расчетная схема системы теплоснабжения

Программа «Единая информационно-аналитическая система учета ТЭР в организациях бюджетной сферы УР»

Данная программа имеет следующие особенности:

- трехуровневая иерархическая ИАС (уровень организации, уровень министерства (районной администрации), республиканский уровень) для осуществления сбора, хранения информации о расходе и лимитирования ТЭР, составления энергетических паспортов зданий и организаций;
- автоматизированная подсистема мониторинга, анализа эффективности использования теплоэнергетических ресурсов (ТЭР) и воды в организациях, финансируемых республиканским и

местными бюджетами.

Ввод исходной информации производится на первом и втором уровне с помощью электронных форм ввода данных. Передача исходной информации от организаций на сервера министерств и муниципальных образований осуществляется по каналам связи. Далее информация передается на центральный сервер (см. рис. 7).

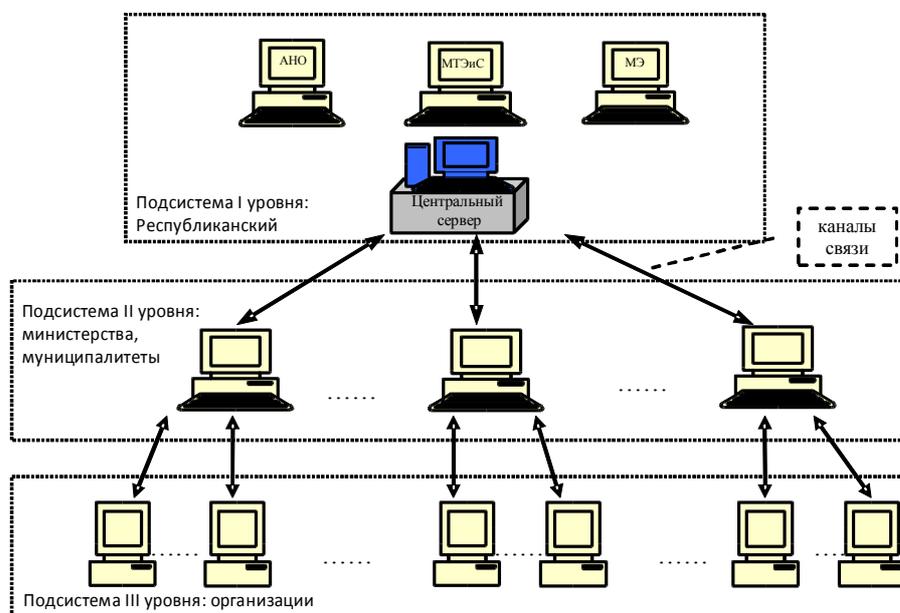


Рис. 7. Управленческая структура ИАС

Алгоритм первоначальной обработки электронных данных включает в себя следующие этапы:

1. формализация данных, характеризующих ТЭР и воду, т.е. представление их в виде удобном для обработки на ЭВМ;
2. сопоставление данных по реестру организаций;
3. выделение тех организаций, по которым нет полных данных;
4. дополнение базы новыми данными по организациям;
5. разделение всех данных на группы;
6. расчет вычисляемых величин.

Для проведения физического анализа определяется состав объектов, по которым он будет проводиться. Объектами могут быть как организации, так и министерства. Данные по энергопотреблению приводятся к единой системе измерения.

В программе производится расчет удельных, расчетно-нормативных показателей потребления ТЭР, а также потенциала энергосбережения в соответствии с принятой методикой. Значения полученных фактических удельных расходов ТЭР энергопотребления сравниваются с нормативными значениями, после чего делается вывод об эффективности энергоиспользования, как по отдельным организациям и министерствам, так и по республике в целом.

Вычисления проводятся на трех уровнях распределенной

многоуровневой ИАС «Учет и анализ расхода ТЭР в организациях бюджетной сферы УР», а именно на уровне организации, на уровне министерства (ведомства) и на республиканском уровне.

ИАС прошла успешную апробацию в Республиканском медицинском информационно-аналитическом центре и в администрации Сарапульского района. В настоящее время разработанный программный комплекс используется в АНО «Агентство по энергосбережению Удмуртской Республики» для учета и анализа потребления ТЭР в бюджетных организациях районов Удмуртской Республики.

Заключение

Предложенный комплекс системных моделей повышает энергоэффективность функционирования системы теплоснабжения путем минимизации дисбаланса взаимозависимых уровней системы централизованного теплоснабжения до требуемого уровня.

Разработанная методика оптимизации мощности теплоисточников, позволяет минимизировать затраты на производство и транспортировку теплоносителя, определить оптимальный напор теплоносителя на различных участках многоконтурной тепловой сети и как следствие сократить дисбаланс первого уровня СЦТ.

Коэффициент дисбаланса отопительной системы микрорайона (второй уровень СЦТ) в реальных условиях достигает 1,5 единиц. Предложенная математическая модель оптимизации тепловых потоков между абонентами позволяет устранить дисбаланс и привести температуру воздуха зданий к требуемой величине за счет регулирования гидравлического сопротивления абонентов в многоконтурной тепловой сети

Коэффициент дисбаланса отопительной системы зданий (третий уровень СЦТ) достигает 3 единицы. Предложенная математическая модель минимизации дисбаланса отопительной системы зданий позволяет привести температуру воздуха в помещениях зданий к требуемой величине за счет оптимизации сопротивлений гидравлических регуляторов и номенклатурного ряда отопительных приборов с учетом фактического состояния ограждающих конструкций.

Разработанные алгоритмы оптимизации параметров СЦТ и практическая эксплуатация разработанного программного комплекса решает задачу по сокращению дисбаланса на всех уровнях иерархической СЦТ и создает необходимые управленческие решения последовательного повышения качества функционирования системы, в т.ч. улучшения теплотехнических свойств ограждающих конструкций зданий.

Результаты математического моделирования и программный комплекс могут быть рекомендованы научным организациям и предприятиям, занимающихся теоретическими и прикладными исследованиями в области разработки и создания программно-вычислительных комплексов для расчета и оптимизации гидравлических и

тепловых режимов централизованной системы теплоснабжения, а также соответствующим службам для подготовки оптимальных управленческих решений в штатных и аварийных ситуациях с целью оптимизации распределения тепловых потоков, экономии тепловых ресурсов и количественного учета потребителей тепловой энергии.

Литература

1. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». М.: Рид, 2011. 80 с.
2. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. М.: Наука, 1985. 278 с.
3. Сеннова Е.В., Сидлер В.Н. Математическое моделирование и оптимизация развивающихся систем теплоснабжения. – Новосибирск: Наука, 1987. – 224с.
4. Якимович Б.А., Тененев В.А. Методы анализа и моделирования систем. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2001. 152 с.
5. Вологдин С.В., Мошкин А.В. Математическая модель оптимизации затрат на производство и транспортировку тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения, при наличии регуляторов напора и сопротивления // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр. 2011. № 8. С. 281–290.
6. Вологдин С.В. Математическая модель оптимизации тепловых потоков между зданиями в многоконтурной тепловой сети с целью снижения дисбаланса системы теплоснабжения за счет регулирования сопл элеваторных узлов // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр. 2011. № 12. С. 194–205.
7. Якимович Б.А., Вологдин С.В. Математическая модель снижения дисбаланса отопительной системы зданий // Вестник ИжГТУ. 2012. №2. С. 172-175.
8. Теплотэкс 2.2: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Рос. Федерация / Вологдин С.В. № 2010614691; заявл. 19.07.2010.
9. Оптимизация мощности теплоисточников 1.0: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ Рос. Федерация / Вологдин С.В., Мошкин А.В. № 2010614692; заявл. 19.07.2010.
10. Вологдин С.В., Горохов М.М., Кедров С.А., Русяк И.Г. Структура и возможности программного комплекса «Информационно-аналитическая система теплоснабжения ИАСТС 2.0» // Вестник ИжГТУ. 1999. №1. С. 12–13.
11. Вологдин С.В., Ленкевич Е.Ю. Создание единой информационно – аналитической системы учета ТЭР в организациях бюджетной сферы УР // Интеллектуальные системы в производстве. 2008. №2. С. 21–29.

СЕКЦИЯ 5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА

Агеносов А.В.,

НОУВПО Гуманитарный университет (г. Екатеринбург),
к.т.н., доцент, декан факультета компьютерных технологий

Андреева Д. Д.,

НОУВПО Гуманитарный университет (г. Екатеринбург),
студентка 5 курса факультет компьютерных технологий

Хмелькова Н.В.

НОУВПО Гуманитарный университет (г. Екатеринбург), к.э.н. доцент,
зав. кафедрой экономики и информатизации факультета компьютерных
технологий

Umnichka-72@mail.ru

Математические методы комбинированной оценки прогноза спроса в логистике

Аннотация

В статье предложена методика оценки спроса в логистике на основе комбинированного прогноза. Методика основана на применении математических методов анализа и обработки информации. Ее использование повысит качество прогнозирования спроса, лежащего в основе планирования логистической деятельности компаний.

Динамика современных рынков такова, что только в течение одного года продажи могут вырасти на 50, 100 и более процентов. По мере того, как растут продажи, должна развиваться и система логистики, поскольку фирме требуются большие запасы товарной продукции, складские, транспортные и производственные мощности. Поэтому, менеджеры, которые занимаются организацией и управлением системой логистики, нуждаются в видении перспективы, подкрепленной точным расчетом на будущее. Из этого следует, что результативное, экономичное и эффективное управление логистикой должно начинаться с прогнозирования спроса в будущих периодах деятельности компании на готовую продукцию, товары или услуги.

Точный прогноз спроса позволит правильно рассчитать уровни запасов готовой продукции, товаров, незавершенного производства, сырья, материалов и полуфабрикатов для следующего периода деятельности: месяца, квартала, года. Это даст возможность определить, в каком объеме и когда выдавать заказы поставщикам на пополнение текущих запасов, выявить потребности в площади и объеме хранения запасов на складе. Как результат, исходя из объема поставок, компания сможет оптимизировать загрузку транспортных средств.

В арсенале современной науки имеется множество различных методов прогнозирования. Однако при использовании только одной методики невозможно получение надежного прогноза. Таким образом, актуальность темы статьи обусловлена острой практической востребованностью эффективного инструментария для решения задачи комбинирования разнородных прогнозов с целью повышения достоверности оценки будущего спроса на продукцию.

Традиционными инструментами изучения спроса, применяемыми в сфере маркетинга и логистики, выступают кабинетные и полевые маркетинговые исследования, позволяющие получить представления о потребительских предпочтениях, а также факторах (экономических, политических, природных, демографических и пр.), определяющих потребность покупателей в товаре. Вместе с тем их использование в большей степени ориентировано на оценку текущего и ретроспективного спроса на товар и в меньшей степени пригодно для построения прогнозов. Решение проблемы видится в применении подходов и методического инструментария **теоретической информатики** - математической дисциплины, использующей методы математики для построения и изучения моделей обработки, передачи и использования информации [1].

Математические модели, несмотря на вынужденное упрощение действительности в целях обеспечения возможности выработки управленческих решений, имеют ряд серьезных преимуществ как метод исследования и оценки, а именно:

- являются оптимизационными, так как нацелены на максимизацию выгоды или прибыли;
- не допускают логических ошибок;
- не содержат ничего лишнего, сводят проблему к ее сути и обеспечивают выражение основополагающих взаимосвязей целей и средств.

Применяемые в настоящее время математические методы прогнозирования спроса не удовлетворяют предъявляемым требованиям по точности и надежности прогнозов, вследствие чего компании несут значительные убытки и теряют свои позиции на рынках. Анализ источников возникающих прогнозных ошибок указывает на то, что основной причиной неэффективной работы систем прогнозирования спроса является несовершенство алгоритмов прогнозирования, основывавшихся лишь на статистических данных. Таким образом, чтобы компенсировать ошибки в системах прогнозирования, базирующихся на экстраполяционных методах обработки предшествующих данных спроса, необходимо прибегать к различным способам учета мнений экспертов. Следовательно, целесообразнее использовать комбинированный метод при прогнозировании спроса, который объединяет в себе обработку экспертных и фактографических данных. Этот метод позволяет

компенсировать недостатки одних способов прогнозирования спроса достоинствами других [2].

На рисунке 1. представлена последовательность этапов, реализуемых в рамках комбинированного прогноза.

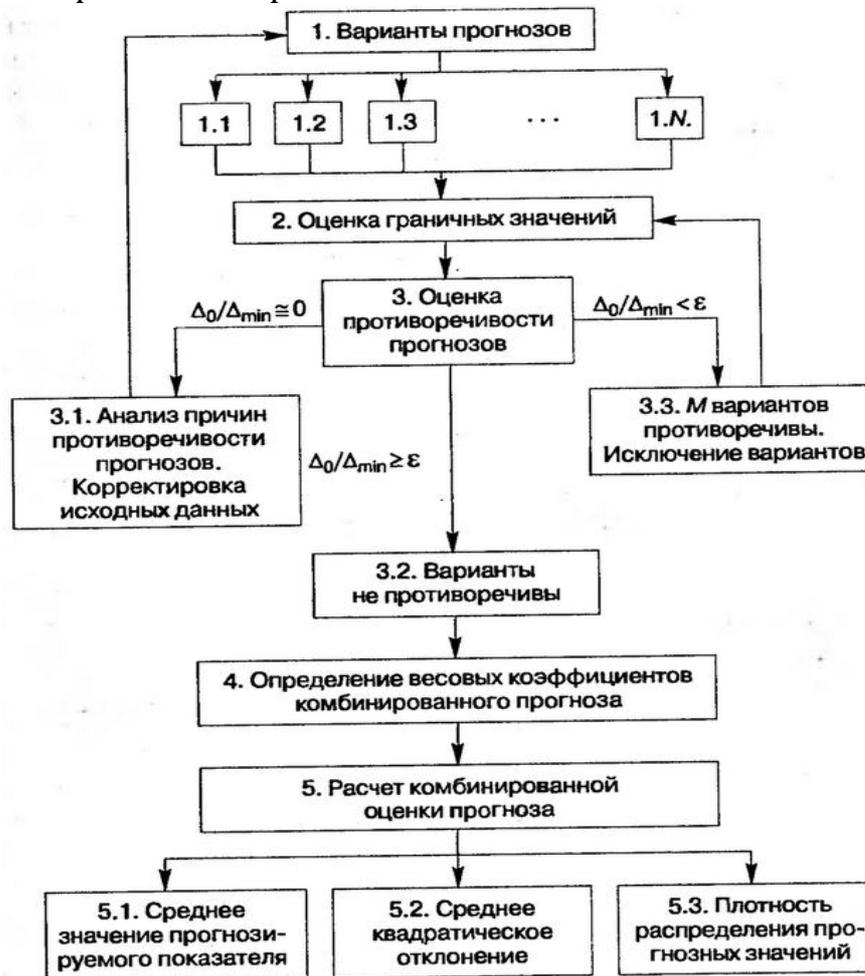


Рис. 1. Схема комбинированного прогноза

Для расчета комбинированного прогноза используются результаты разных методов прогнозирования, приведенные к одному виду. Например, результаты каждого метода могут быть представлены в виде точечной оценки, ошибки прогноза, функции распределения. На основании этих данных проводится оценка противоречивости прогнозов с помощью сравнения расчетных коэффициентов Стьюдента, Фишера с табличными значениями, сравнения доверительных интервалов.

По результатам оценки может быть получен один из трех вариантов:

8. Доверительные интервалы прогнозов не имеют общей области. В этом случае проводится логический анализ причин противоречивости прогнозов, корректируются исходные данные, после чего проводится повторная проверка прогнозов.

9. Доверительный интервал одного прогноза полностью охватывает доверительный интервал второго.

10. Доверительные интервалы прогнозов частично пересекаются. Прогнозы будут непротиворечивы в случае выполнения условия:

$\Delta_{\text{общ.}} / \Delta_{\text{мин.}} \geq \varepsilon$, где

$\Delta_{\text{общ.}}$ – величина общей области доверительного интервала;

$\Delta_{\text{мин.}}$ – величина наименьшего доверительного интервала;

ε – критерий оценки непротиворечивости прогнозов, $0 < \varepsilon \leq 1$.²⁷

Если прогнозные значения непротиворечивы, то можно переходить к расчету значений весовых коэффициентов по формуле 1:

$$\begin{cases} \mu_1 = \frac{D_{3q}}{D_q + D_{3q}} \\ \mu_2 = \frac{D_q}{D_q + D_{3q}} \end{cases} \quad (1)$$

где μ_1 и D_q – весовой коэффициент и дисперсия первого прогноза

μ_2 и D_{3q} – весовой коэффициент и дисперсия второго прогноза.

Среднее значение комбинированного прогноза определяется по формуле 2:

$$\bar{Y}_{\text{комб}} = \sum_{i=1}^N \mu_i \times Y_i \quad (2)$$

3: Дисперсия комбинированного прогноза рассчитывается по формуле

$$\sigma_{\text{комб}}^2 = \sum_{i=1}^N \mu_i \times \sigma_i^2 \quad (3)$$

Для прогнозирования спроса в целях оптимизации функционирования логистической системы компании предлагается использовать комбинированный прогноз, основанный на экспертном методе и методе экстраполяции тренда.

Суть метода экстраполяции тренда состоит в том, что закономерность, действующая внутри анализируемого временного ряда, сохраняется и на период прогноза. Прогнозирование в этом случае можно свести к подбору моделей трендов типа $y = f(t)$ по данным предпрогнозного периода и экстраполяции полученных трендов на интервале прогноза (рис. 2).

В общем случае модель прогноза включает в себя три составляющие и записывается в виде:

$$\bar{y}_t = y_t + v_t + \varepsilon_t, \text{ где}$$

y_t – прогнозные значения временного ряда;

\bar{y}_t – среднее значение прогноза (тренд);

v_t – составляющая прогноза, отражающая сезонные колебания (сезонная волна);

²⁷ Величина ε определяется прогнозистом на основании опыта

ε_t – случайная величина отклонения прогноза.

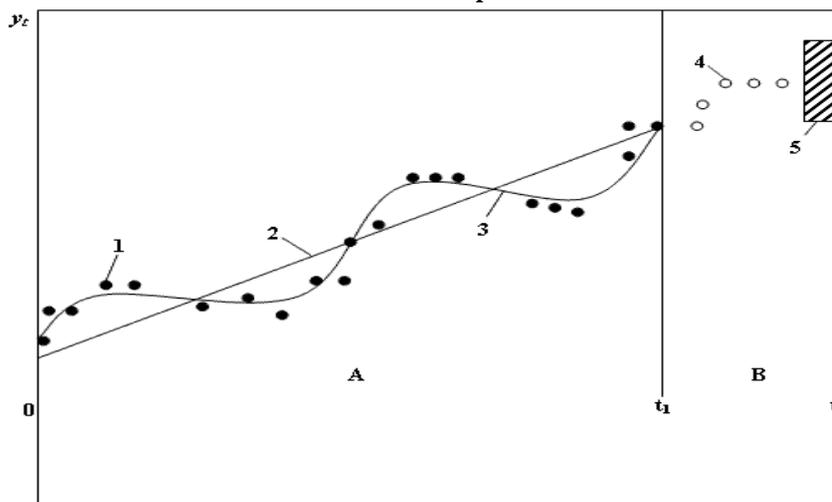


Рис. 2. Прогнозирование на основе временных рядов (1 – экспериментальные данные на интервале наблюдения (A); 2 – тренд; 3 – тренд и сезонная волна; 4 – значение точечного прогноза на интервале упреждения (B); 5 – интервальный прогноз).

Достоинствами метода являются невысокие затраты и быстрое получение данных. Но, при этом построение прогноза возможно лишь на срок в 3 раза меньший накопленных данных, на основании которых и будет строиться прогноз. При использовании метода экстраполяции предполагается, что существующий темп развития характеристик прогнозируемого объекта сохранится и в будущем. Поэтому нет возможности предсказать результат в том случае, когда одно или несколько важных условий могут резко измениться.

В логистике также широкое применение находят методы, основанные на использовании опыта, квалификации и творческого потенциала специалистов по управлению различными производственными процессами. Все эти методы разнообразны по своему содержанию и называются экспертными методами. Для реализации таких методов проводятся экспертизы соответствующим образом подобранными специалистами. Специалисты, проводящие экспертизы, должны обладать необходимой профессиональной квалификацией и формировать свои оценки независимо друг от друга и от внешних влияний.

Процедура получения экспертных оценок может быть формализована и представлена в виде следующей схемы (рис. 3).

Формирование группы экспертов – важная составляющая экспертного метода. Известно, что при прогнозировании в целях минимизации расходов на прогноз стремятся привлечь минимальное число экспертов при условии обеспечения ошибки результата прогнозирования не болей E , где $0 < E < 1$.



Рис. 3. Прогноз на основе экспертных опросов

Поэтому рекомендуемое число экспертов может быть определено по формуле 4:

$$N_{\min} = 2,5 + \frac{1,5}{E}. \quad (4)$$

Таким образом, минимальное количество экспертов равно 4. Для определения максимальной численности экспертной группы используется неравенство:

$$N_{\max} \leq 3 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{2 \cdot K_{\max}},$$

где K_i – компетентность i -го эксперта, рассчитываемая на основе анкеты самооценки;

K_{\max} – максимально возможная компетентность по используемой шкале компетентности экспертов.

Статистический анализ результатов опроса предусматривает проведение двух взаимосвязанных процедур: традиционной статистической обработки в виде средних значений, дисперсий и т. п., а также оценки всей экспертной группы – степени согласованности, взаимосвязи и других показателей мнений экспертов. Оценка группы экспертов проводится с использованием части полученных статистических оценок. Если последние не удовлетворяют соответствующим критериям, то предусмотрена корректировка, которая приводит к изменению состава экспертов и повторной процедуре опроса.

На основе предложенной методики было проведено решение типовой

задачи комбинированной оценки спроса. Обработка данных и расчеты проводились с помощью MS Excel. Результаты расчетов приведены в таблице. Прогноз спроса наглядно представлен на рисунке 4.

Полученные данные подтвердили необходимость использования комбинированной оценки прогноза. Разница результатов экспертного метода и метода экстраполяции на первый взгляд кажется не значительной (около 1000 единиц товара), но если учесть, что товар может иметь высокую стоимость, полученные суммы становятся достаточно ощутимыми для компании. Тогда важность применения комбинированной оценки прогноза становится еще более очевидной.

Табл. Результаты расчетов

											Прогноз		
Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3
Спрос (У), тыс.	4	5	7	9	15	14	15	15	15	16	18,37	19,82	21,28
Прогноз по экстраполяции тренда (У*)											18,37	19,82	21,28
Прогноз экспертным методом (У*)											17,75	18,93	20,89
Прогноз комбинированный (У*)											17,88	19,15	21,12



Рис. 4. Прогноз спроса на основе комбинированной оценки

Таким образом, решение типовой задачи «расчет комбинированной оценки прогноза спроса» на основе методов экстраполяции тренда и экспертных оценок, а также полученные результаты, подтвердили актуальность использования комбинированного метода. По мнению

авторов статьи, комбинированный прогноз позволяет усовершенствовать систему прогнозирования спроса за счет объединения оптимальных методов, основанных на разнородных данных, и тем самым повысить качество прогнозирования спроса, лежащего в основе планирования логистической деятельности компаний.

Литература

1. Терехов А.В., Чернышев А.В., Чернышев В.Н. Информатика. Тамбов: ТГТУ, 2007. 128 с.
2. Баранова Н.И., Педоренко С.Ю. Совершенствование методов прогнозирования спроса в логистике путем создания комбинированной прогнозной модели //БИЗНЕСИНФОРМ. 2010. № 6. С. 94–98.

Parametric Presentation of Generators: Application in Cryptographic Systems Design

Abstract

Generators or primitive elements play important roles in the Diffie-Hellman protocol for establishment of secret communication keys, in the design of the ElGamal cryptographic system and generators of pseudo-random numbers. In general, a deterministic algorithm that searches for primitive elements is currently unknown.

A fast deterministic algorithm, which computes every primitive element in modular arithmetic with special moduli, is provided in this paper.

Keywords: ElGamal cryptosystem, Diffie-Hellman key exchange, safe prime, generator, generator of pseudo-random numbers, primitive element

Introduction and basic definitions

To ensure a high level of crypto-immunity of some cryptographic systems, it is necessary to select a system parameter g (called a primitive element) that satisfies certain conditions.

The primitive elements are used in the Diffie-Hellman secret key establishment protocol [1] and in the ElGamal algorithm [2] for secure exchange of information via open channels. They are also used in the design of generators of pseudo-random numbers [3].

In modular arithmetic a generator g modulo p is an integer having the property that every integer h co-prime with p can be expressed as a power of g modulo p .

Therefore, powers of g generate all elements of the multiplicative group of integers modulo p .

Definition 1.1: If an integer g has a property that for every integer h there exists a corresponding integer x such that $g^x \bmod p = h$, (1.1) then g is called a primitive element (or a generator, in short), and x is called the discrete logarithm of h to the base g modulo p .

For every prime p there exist several generators. For instance, if $p=31$, then $g=3, 11, 12, 13, 17, 21, 22$ and 24 are generators. Leonhard Euler discovered the generators, and Carl F. Gauss described their properties in [4]. A mathematically-oriented reader can find further results in [5] and [6].

2. Verification procedure

In order to verify whether g is a generator for prime p , consider all factors of $p-1$.

Proposition2.1: Suppose $p-1 = f_1^{e_1} f_2^{e_2} \dots f_m^{e_m}$ (2.1)
 where every integer $f_k \geq 2$ and every integer $e_k \geq 1$; if $g^{(p-1)/f_k} \pmod p \neq 1$; (2.2)
 holds for every $k=1, 2, \dots, m$, then g is a generator [7].

Although the conditions (2.2) are straightforward to verify, if m is large, then (2.2) requires factorization of $p-1$ and m exponentiations for each potential candidate. And, if at least one of these conditions does not hold, it is necessary to consider the next candidate.

In general, non-deterministic algorithms are typical for various problems in modular arithmetic.

3. Two deterministic algorithms

Definition3.1: If both p and $(p-1)/2$ are primes, then p is called a *safe prime*.

Example 3.1: Integers 5, 7, 11, 59, 179 and 347 are examples of safe primes. A non-deterministic algorithm for the selection of safe primes is provided in [7].

If $p \geq 7$ is a safe prime, then the following two propositions hold:

Proposition3.1: $g_1 = p - [\sqrt{p}]^2$ is a generator. (3.1)

Proposition3.2: $g_2 = (3p-1)/4$ is a generator. (3.2)

Remark 3.1: Although (3.1) does not always compute the smallest generator, its value is rather small in comparison with p . However, in the worst case $g_1 = O(2\sqrt{p})$.

Proofs of both propositions are provided in the next section.

For every safe prime, the procedures (3.1), (3.2) as well as (4.2), described in the next section, are deterministic and require at most one integer multiplication. As a result, in the ElGamal algorithm, the generator can be periodically renewed for enhancement of communication security.

4. Algorithms computing all generators

Both Proposition3.1 and 3.2 are special cases of more general statement:

Proposition4.1: Let $p \geq 7$ be a safe prime; and z satisfies the inequalities

$$2 \leq z < -p-1 \quad (4.1)$$

then for every integer z $g = (p-z^2) \pmod p$ is a generator. (4.2)

Proof: The Definition3.1 implies that for a safe prime $p-1=2q$ (4.3)
 where q is an *odd* prime. Therefore, g is a generator because

$$g^4 \equiv (p-z^2)^4 \equiv (-1)^q z^{p-1} \not\equiv 1 \pmod p; \quad [4], \quad \text{and} \quad g^2 \equiv (p-z^2)^2 \equiv z^4 \not\equiv 1 \pmod p; \quad (4.4)$$

Suppose that the second statement in (4.4) does not hold; then

$$z^4 - 1 \equiv (z+1)(z-1)(z^2+1) \pmod p = 0. \quad (4.5)$$

However, none of three factors in (4.5) is congruent with zero modulo p : the first two are excluded by the constraints in (4.1); and z in $z^2 = -1 \pmod p$;

$$(4.6)$$

has no integer solution.

Q.E.D.

Proof of Proposition3.2: It is easy to verify that (3.2) is a special case of (4.2) for $z=q$.

$$\text{Indeed, consider } (p - q^2) \equiv [(3p - 1) + (3p - p^2)] / 4 \pmod{p} . \quad (4.8)$$

Since for every safe prime $p \pmod{4} = 3$, then

$$(3p - p^2) \pmod{4} = 0 \text{ and } (3p - p^2) \pmod{p} = 0 \quad (4.9)$$

Therefore, (4.8) and (4.9) imply (3.2).

Table 4.1 lists twelve generators for $p=47$ as functions of parameter z {see (4.2)}.

Since every safe prime p has $\varphi(\varphi(p)) = q - 1$ distinct generators, (4.10)

where $\varphi(x)$ is the Euler totient function [4], the function $g(z)$ generates each of them if z is changing on the interval $[2, q]$.

Table 1: $p=47$ and corresponding generators $g(z)$

z	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
g(z)	43	38	31	22	11	45	30	13	41	20	44	19

Sequence of decreasing generators

Let $g(0) = g_2$ (3.2). Consider $z = (p - 3) / 2$; (5.1)

and let $g(1) = (p - z^2) \equiv (10p - 9 - p^2) / 4 \pmod{p}$. (5.2)

Hence, (5.2) and (4.9) imply that $g(1) \equiv (7p - 9) / 4 \pmod{p}$ (5.3)

Let for $m = 0, 1, \dots$

$$g(m) = \{ p - [p - (2m + 1)]^2 / 4 \} \pmod{p} \equiv [(3p - 1) / 4 - m(m + 1)] \pmod{p} \quad (5.4)$$

Therefore, $g(m) = [g(0) - m(m + 1)] \pmod{p}$ (5.5)

From (5.5) we can find m^* an optimal that minimizes $g(m)$ under the constraints

$$g(m) \geq 2; \text{ and } m(m + 1) \leq g(0) - 2 \quad (5.6)$$

Remark 5.1: It is easy to see that for every p holds that $2 \leq g(m^*) \leq m^*$ (5.7)

As a result, we derive a monotone decreasing set of generators

$$g(0) > g(1) > \dots > g(m^* - 1) > m^* > g(m^*)$$

Example 5.1: Let $p = 9839$; then $g(0) = 7379$. The maximal for which (5.6) holds, is equal 85.

Thus, from (5.5) $g(85) = 69$.

References

1. Diffie, W. and M. E. Hellman, "New Directions in Cryptography", IEEE Transactions on Information Theory, 22, 1976, pp. 644-654.
2. ElGamal, T. "A public key crypto-system and a signature scheme based on discrete logarithms", IEEE Transactions on Information Theory, Vol.31, No.4, 1985, pp.469-472
3. Knuth, D. "The Art of Computer Programming, Vol. 2: Seminumerical Algorithms", 3rd edition, 1998, Addison-Wesley, Reading, MA, pp.18-21.
4. Gauss, C.F., Disquisitiones Arithmeticae, (in Latin), 2nd edition, 1986, Springer, New York.
5. Ribenboim, P., The New Book of Prime Number Records, 1996, Springer, New York.
6. Bach, E. and J. Shallit, Algorithmic Number Theory: Vol.1: Efficient Algorithms, 1996, MIT Press, Cambridge, MA.
7. Menezes, A., van Oorschot, P. and Vanstone, S., Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997, Boca Raton, FL, pp.162-164.

Гайдамака Ю.В.,

Российский университет дружбы народов, доцент кафедры систем телекоммуникаций
[ygaidamaka@mail.ru](mailto:ygidamaka@mail.ru)

Самуйлов А.К.

Российский университет дружбы народов, аспирант кафедры систем телекоммуникаций
asam1988@gmail.com

Модель процесса обмена данными в потоковой P2P сети с применением стратегии Layered Coding Aware Rarest-First

Аннотация

В статье построена модель процесса обмена данными между пользователями в потоковой P2P сети с буферизацией в виде дискретной цепи Маркова. Показано как можно обобщить модель [1, 3] для того, чтобы применить ее для стратегии Layered Coding Aware Rarest-First, являющейся модификацией стратегии Advanced Rarest-First [2].

Введение

Технология P2P используется в сетях с потоковым видео в режиме реального времени для того, чтобы наиболее эффективно использовать ресурсы каждого пользователя в сети [4, 5]. Пользователь использует свои скорости загрузки и отдачи видео потока для перераспределения видео данных в сети, одновременно играя роль как клиента, загружающего данные, так и сервера, отдающего данные. При этом нагрузка на сервер - источник потокового видео значительно уменьшается. В [3, 6, 7] исследован один из показателей качества обслуживания (QoS, Quality of Service) одноранговой сети – вероятность того, что все пользователи загружают видео поток на скорости не ниже требуемой для воспроизведения (так называемая «вероятность всеобщей передачи»). Показателем качества восприятия на уровне пользователя (QoE, Quality of Experience) является вероятность непрерывного просмотра, т.е. вероятность просмотра пользователем видео без пауз в воспроизведении. Для обеспечения непрерывного воспроизведения потокового видео применяется механизм буферизации. Видео поток разбивается на порции данных, например, длиной около 1 секунды, а в оконечном терминале пользователя, которым может являться ТВ-приставка (STB, set top box) или персональный компьютер, предусмотрен буфер для хранения порций видео данных. При подключении нового пользователя к видеопотоку сначала заполняется буфер в терминале этого пользователя, а уже затем порции данных из буфера начинают поступать в видеоплеер. Задержка в

воспроизведении видео потока позволяет каждому пользователю за время воспроизведения очередной порции видео данных загрузить недостающие порции видео данных от сервера или от других пользователей сети, тем самым заполняя пустые места в своем буфере.

В статье построена модель изменения состояния буферов пользователей сети P2P с потоковым видео в режиме реального времени в виде цепи Маркова (ЦМ) и получен метод расчета вероятности просмотра видео без пауз в воспроизведении.

Процесс обмена данными

Рассмотрим сеть с N пользователями, постоянно находящимися в сети, и одним сервером-источником видео данных, который транслирует только один видеопоток. Следовательно, в сети транслируется только один телевизионный канал, и все пользователи смотрят только этот канал. Процесс воспроизведения видеопотока разбит на такты, длина каждого такта соответствует времени воспроизведения одной порции данных. Считаем, что каждый пользователь сети имеет буфер, рассчитанный на $M+1$ порцию данных. Места буфера пронумерованы следующим образом: 0-место буфера предназначено для хранения наиболее свежей порции данных, только что полученной от сервера-источника видео данных, остальные позиции (места) буфера m , $m=\overline{1, M-1}$, предназначены для хранения порции видео данных которые уже получены (загружены) из сети в предыдущих тактах или будут загружены в следующих тактах, а последнее M -место буфера предназначено для хранения наиболее старой порции, которая будет отправлена на воспроизведение на ближайшем такте.

Определим действия, которые совершаются сервером и пользователями на каждом такте. В начале такта сервер случайным образом выбирает любого пользователя сети и начинает загружать ему порцию данных на 0-место его буфера. Каждый пользователь, которого сервер не выбрал для загрузки порции данных, выполняет следующие действия. Если в буфере есть пустые места (отсутствуют какие-либо порции данных), то пользователь выбирает случайным образом из сети другого пользователя (т.н. «целевого пользователя») и пытается загрузить от него одну из недостающих порций данных. Если у целевого пользователя найдётся хотя бы одна порция данных из тех, что отсутствуют у рассматриваемого пользователя, попытка загрузки будет успешной. Если таких порций несколько, то номер места буфера для загрузки порции определяется в соответствии со стратегией загрузки. Наиболее распространенными являются стратегия загрузки Rarest First (RF), при которой пользователь на каждом такте пытается загрузить наиболее свежую, реже всего встречающуюся в сети порцию данных, и стратегия загрузки Greedy (Gr), при которой для загрузки выбирается самая старая, т.е. наиболее близкая к воспроизведению порция данных. Пользователь ничего не загрузит от других пользователей на данном такте, если у

целевого пользователя нет ни одной порции данных из отсутствующих у рассматриваемого пользователя, а также, если в начале такта все места с 1-места по M-место буфера заполнены (нет пустых мест). Такт заканчивается так называемым «сдвигом» содержимого буфера каждого пользователя: порция, находящаяся на M-месте буфера, отправляется на воспроизведение, остальные порции данных в буфере сдвигаются на одну позицию вправо к концу буфера, а 0-место буфера остается свободным для загрузки наиболее свежей порции от сервера-источника видео данных на следующем такте. Далее в этой статье мы будем рассматривать только стратегии Rarest-First и Layered Coding Aware Rarest-First (LCA-RF).

В следующем разделе приведена математическая модель обмена данными между пользователями в виде дискретной цепи Маркова, описывающей состояния буферов всех пользователей.

Математическая модель

Для рассматриваемой сети с N пользователями и одним сервером состояние каждого пользователя (n-пользователя) представлено парой $z(n)=(a(n), x(n))$, где $a(n)$ - индикатор присутствия пользователя в сети: ($a(n)=1$ если пользователь находится в сети и $a(n)=0$ в противном случае), и $x(n)=(x_0(n), x_1(n), \dots, x_M(n))$ - состояние буфера пользователя. При этом $x_m(n)$ - состояние m-места буфера n-пользователя, т.е. $x_m(n)=1$, если m-место буфера занято порцией данных и $x_m(n)=0$ в противном случае, $m=\overline{0, M}$. Места с первого ($m=1$) до последнего ($m=M$) предназначены для загрузки порций данных от других пользователей, а 0-место ($m=0$) для загрузки порций данных от сервера. Таким образом, наиболее старая порция данных, которая будет отправлена на воспроизведение на ближайшем такте, находится на M-месте, а порция данных, находящаяся на M-месте, отправится на воспроизведение через M тактов.

Заметим, что если на каждом такте M-место буфера n-пользователя, присутствующего в сети, заполнено, то n-пользователь будет просматривать видео без пауз в воспроизведении. Введенные обозначения проиллюстрированы на рис. 1.

Матрица $X=(x(n))_{n=1..N}$ описывает состояние буферов всех пользователей, а вектор индикаторов $a=(a(n))_{n=1..N}$ определяет состояние всех пользователей в сети, следовательно, состояние системы можно представить в виде пары $Z=(z(n))=(a, X)=(a(n), x(n))_{n=1..N}$, причем строка n матрицы X соответствует состоянию буфера присутствующего в сети n-пользователя и $\dim X=N(M+1)$. Таким образом, пространство состояний системы определяется формулой $Z=\{0,1\}^N \times \{0,1\}^{N(M+1)}$ и $|Z|=2^{N(M+2)}$.

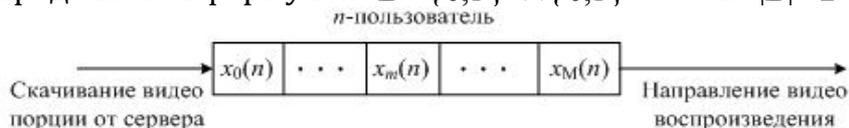


Рис. 1. Состояние буфера n-пользователя

Обозначим $M^0(x(n))$ и $M^1(x(n))$ множества номеров пустых и заполненных данными мест в буфере n -пользователя, т.е. $M^0(x(n)) = \{m: x_m(n) = 0, m = \overline{1, M}\}$, $M^1(x(n)) = \{m: x_m(n) = 1, m = \overline{1, M}\}$, причем $M^0(x(n)) \cup M^1(x(n)) = \{1, 2, \dots, M\}$. Тогда $M^0(x(n)) \cap M^1(x(h))$ множество номеров мест в буфере n -пользователя, на которые возможна загрузка порций данных от h -пользователя, $n \neq h$. Если $M^0(x(n)) \cap M^1(x(h)) \neq \emptyset$, то номер $m_\delta(x(n), x(h))$ места буфера для загрузки порции определяется в соответствии со стратегией загрузки $\delta \in \{RF, Gr\}$, т.е. $m_\delta(x(n), x(h)) = \min \{m: m \in M^0(x(n)) \cap M^1(x(h))\}$ для стратегии RF.

Обозначим $Sx(n)$ операцию сдвига вектора $x(n)$ если $x(n) = (x_0(n), x_1(n), \dots, x_{M-1}(n), x_M(n))$, тогда $Sx(n) = (0, x_0(n), \dots, x_{M-1}(n))$.

Введем t_1 - момент сдвига содержимого буфера. При построении модели в дискретном времени предполагается, что если в момент $t_1 - 0$ буфер находился в состоянии $x(n)$, то в момент $t_1 + 0$ он находится в состоянии $Sx(n)$.

Предположим, что пользователь может уйти из сети или появиться в сети только в момент t_1 . Обозначим (индикатор присутствия пользователя в сети) состояние n -пользователя в момент $t_1 - 0$, т.е. $a^1(n) = 1$ в момент $t_1 - 0$, если он находится в сети, в противном случае $a^1(n) = 0$. Пусть $\alpha(n)$ вероятность появления и $\beta(n)$ вероятность ухода пользователя из сети:

$$\begin{aligned} P\{a^{i+1}(n) = 1 | a^i(n) = 0\} &= \alpha(n), \\ P\{a^{i+1}(n) = 0 | a^i(n) = 0\} &= 1 - \alpha(n), \\ P\{a^{i+1}(n) = 0 | a^i(n) = 1\} &= \beta(n), \\ P\{a^{i+1}(n) = 1 | a^i(n) = 1\} &= 1 - \beta(n). \end{aligned}$$

Для простоты предположим, что для всех пользователей вероятности появления в сети одинаковы и вероятности ухода из сети одинаковы, т.е. $\alpha(n) = \alpha, \beta(n) = \beta, n = \overline{1, N}$.

Обозначим $Z^1 = (A^1, X^1)$ состояние сети в момент $t_1 - 0$, как показано на рис. 2, где также проиллюстрированы другие необходимые для дальнейшего изложения обозначения. Нетрудно убедиться, что последовательность $\{Z^l\} = \{Z^l, l \geq 0\}$ образует цепь Маркова над пространством состояний $Z = \{0, 1\}^N \times \{0, 1\}^{N(M+1)}$, вообще говоря, разложимую, с одним классом \tilde{Z} существенных состояний, $\tilde{Z} \subset Z$.

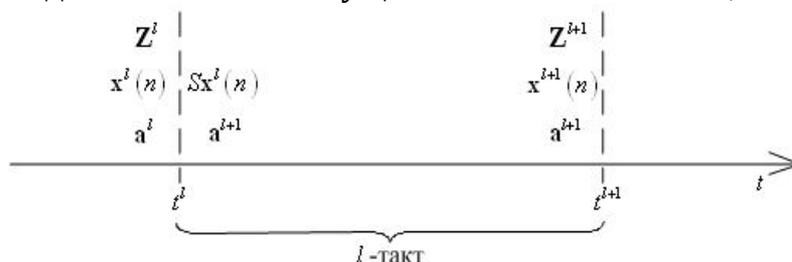


Рис. 2. Состояния ЦМ на i -такте

Введем обозначения: $\pi^l(Z)$ - абсолютная вероятность ЦМ $\{Z^l\}_{l \geq 0}$ на шаге l находиться в состоянии Z , т.е. $\pi^l(Z) = P\{Z^l = Z\}$ и $\Pi^{l, l+1}(Z, Y)$ переходная вероятность ЦМ на шаге l .

Заметим, что переходные вероятности $P^{l,l+1}(Z, Y)$ зависят от номера $m_\delta(x(n), x(h))$ и от вероятностей появления α и β ухода пользователя из сети. Т.е. переходные вероятности зависят от стратегии δ выбора порции данных для загрузки от другого пользователя сети, а абсолютные вероятности $\pi^l(Z)$ удовлетворяют уравнениям Колмогорова-Чепмена:

$$\pi^{l+1}(Y) = \sum_{Z \in Z} \pi^l(Z) P^{l,l+1}(Z, Y), Y \in Z, l \geq 0.$$

Заметим, что в [1] на основе описанной выше ЦМ, были получены формулы для расчета вероятности непрерывного просмотра.

Стратегия Layered Coding Aware Rarest-First

Для того чтобы улучшить качество изображения, рекомендуется использовать многослойное кодирование видеопотока, так как этот метод кодирования предназначен для работы при различных ограничениях на пропускную способность. Идея метода заключается в том, что потоковые данные кодируются в непересекающиеся слои, именуемые базовым слоем и слоями улучшения качества. Базовый слой содержит основные данные, необходимые для воспроизведения видео потока с минимальным уровнем качества. Данные из слоев улучшения качества не являются обязательными для загрузки: в слоях улучшения качества содержатся дополнительные данные, которые используются для предоставления услуги видео с более высоким качеством изображения. Однако при использовании многослойного кодирования видеопотока могут возникнуть некоторые проблемы. Основная проблема заключается в том, что данные из какого-либо слоя улучшения качества не могут быть использованы для воспроизведения, если не загружены данные из нижележащих слоев. В этом заключается основной недостаток применения стратегии RF при многослойном кодировании: эта стратегия не учитывает того, насколько полезна будет та или иная порция данных для пользователя, что приведет к увеличению объема бесполезного трафика и, возможно, перебоем в воспроизведении.

Стратегия LCA-RF лишена этого недостатка, так как она принимает во внимание тот факт, что базовый слой имеет приоритет над слоями улучшения качества, а также то, что нижележащие слои должны быть скачаны до тех слоев, что лежат выше них. Таким образом, объем бесполезных данных будет сведен к минимуму, при сохранении самого большого преимущества применения стратегии RF – обеспечения непрерывного просмотра видео пользователями.

Преимущество модели, описанной в предыдущем разделе, заключается в том, что внеся минимальные изменения, ее можно адаптировать к стратегии LCA-RF.

Во-первых, нужно увеличить размер вектора состояния буфера n -пользователя, для того чтобы отразить наличие слоев улучшения качества. Обратим внимание, что операция сдвига сместит содержимое буфера L раз, где L – это общее число слоев (включая базовый слой). И, во-вторых,

необходимо изменить формулу, описывающую стратегию:

$$m_s(x(n), x(h)) = \{m: m \in M^0(x(n)) \cap M^1(x(h)), \min_m \{a \times \text{quot}(m, L) + b \times \text{mod}(m, L)\}\},$$

где $\text{quot}(m, L)$ –целая часть от деления m на L , а $\text{mod}(m, L)$ –остаток от деления m на L , а a и b параметры, задающие приоритет порций данных.

Таким образом, внося минимальные изменения, мы можем адаптировать модель статьи [1] для любой стратегии. В частности показано, что модель может быть использована для новой, предложенной в данной статье, стратегии LCA-RF.

Заключение

В статье представлена модель обмена данными между пользователями потоковой P2PTV сети. Модель построена в терминах ЦМ, с помощью которой в [1, 3] были получены формулы для анализа показателей качества функционирования системы. Наша цель заключалась в том, чтобы показать, что внося изменения в модель, предложенную в [1], ее можно применять и для других стратегий. В статье мы применили эту модель к стратегии A-RF [2] и разработали новую стратегию LCA-RF.

Основной задачей наших дальнейших исследований является проведение численного анализа различных стратегий с целью определения оптимальной стратегии с точки зрения основных вероятностных характеристик непрерывность воспроизведения и задержки начала воспроизведения.

Авторы выражают благодарность проф. К.Е. Самуйлову за советы по методам исследований, плодотворные дискуссии и замечания при подготовке статьи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-07-00487-а).

Литература

1. Adamu A., Gaidamaka Yu., Samuylov A. Discrete Markov Chain Model for Analyzing Probability Measures of P2P Streaming Network // Proc. of the IEEE 11th International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking NEW2AN 2011, St. Petersburg, Russia. 2011 Pp. 428-439.
2. Ning Wang, Hailun Xia, Zhimin Zeng, Nana He. An Advanced Rarest-First Scheme Used In Mobile Layered P2p Streaming // Proc. Of the 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2010 – 2010 – Pp. 56-61.
3. Adamu A., Gaidamaka Yu., Samuylov A. Analytical Modeling of P2PTV Network // Proc. of the 2d International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems (IEEE ICUMT 2010), Oct. 18-20, 2010. Moscow, Russia. – Pp. 1115-1120.
4. Xuemin Shen, Heather Yu, John Buford, Mursalin Akon. Handbook of Peer-to-Peer Networking // Springer. – 2010. 1421 p.
5. Setton E., Girod B. Peer-to-Peer Video Streaming // Springer. – 2007. 150 p.
6. Wu D., Liu Y., Ross K.W. Queuing Network Models for Multi-Channel Live Streaming Systems // Proc. of the 28th Conference on Computer Communications (IEEE Infocom 2009), April 19-25, 2009. Rio de Janeiro, Brazil. Pp. 73-81.
7. Yipeng Zhou, Dah M. Chiu, Lui J.C.S. A Simple Model for Analyzing P2P Streaming Protocols // Proc. of IEEE Int. Conf. IN Network Protocols (ICNP 2007), Oct. 19, 2007, pp. 226-235.

Емельченков Е.П.,

Смоленский государственный университет
Ypy1101@gmail.com

Мунерман В.И.,

Смоленский государственный университет
vimoon@gmail.com

Синицын И.Н.

ИПИ РАН
sinitsin@dol.ru

Опыт использования систем компьютерной математики в управлении процессом обучения математическим дисциплинам

Одна из главных тенденций, характеризующих современный этап развития общества в целом и системы образования в частности – широкое внедрение новых детерминированных и недетерминированных информационных технологий. Их использование в системе математического образования позволяет решать актуальные проблемы методики преподавания математики. Рассмотрим некоторые результаты использования систем компьютерной математики для обучения математическими дисциплинами.

Необходимым условием использования новых информационных технологий в любой содержательной предметной области является формализация содержания этой предметной области. В настоящее время существует несколько математических моделей для представления знаний. К их числу относятся семантические сети, фреймы, логические языки (модели) и продукционные системы [1].

В качестве основной модели представления знаний выбрана семантическая сеть или графовая модель. Причиной такого выбора послужили, во-первых, сформировавшаяся в методике преподавания математики традиция представления предметной области в виде графа [2]; во-вторых, наличие в теории графов алгоритмов, позволяющих относительно просто и эффективно решать задачи из области методики преподавания математики; в-третьих, наличие мощных систем компьютерной математики позволяет конструировать систем компьютерной поддержки (САЕ) работы преподавателя математики.

Общая схема построения семантической сети сводится к следующему: вершины графа сопоставляются понятиям (объектам, событиям, процессам), а дуги – отношениям на множестве понятий.

Для построения модели некоторого учебного материала требуется

[3]:

- а) разобрать математическое содержание отобранного материала;
- б) разбить материал на логически завершённые и самостоятельные части;
- в) выявить логические связи частей;
- г) выделить в тексте структурные элементы (определения, утверждения, алгоритмы, иллюстрации и т.п.);
- д) изучить характер логических обоснований различных частей;
- е) соотнести упражнения с выделенными в пункте б) частями.

На графовой модели вершины графа ассоциируются с элементами знания по данной теме, дуги – с наличием между элементами знания логических и причинно-следственных связей между соответствующими элементами знания.

Под *элементами знания* понимаются все понятия, определения, алгоритмы, формулы, аксиомы, теоремы, которые в совокупности образуют основу теоретического материала по данной теме и усвоение которых требуется обязательными стандартами обучения.

Граф является ориентированным в силу специфики причинно-следственных связей.

Построение математической модели предметной области позволяет формализовать ряд теоретических понятий методики преподавания математики, определенных в ней на содержательном уровне. Так, например, было формализовано понятие ключевой задачи.

С другой стороны, интерпретация объектов модели дает возможность не только систематизировать, уточнить и методологически прояснить содержание теории, выяснить характер взаимосвязи различных ее положений, но и выявить и сформулировать еще не решенные проблемы. В частности, интерпретация отдельных инвариантов теории графов позволяет предложить новые подходы к формулировке обязательных результатов обучения математике, а также решить проблему отыскания системы ключевых задач по заданной теме.

Далее рассматриваются некоторые модели предметной области

Модель учебного пособия. Пусть имеется некоторый фрагмент F теоретического материала. Фрагменту F однозначно сопоставляется ориентированный граф G , вершинами которого являются элементы знания, а дуги соединяют элементы, между которыми имеются логические связи. Граф G называется [4] графовой моделью теоретического материала F (короче $MTM(F)$).

Граф NG , полученный из графа G заменой всех дуг ребрами (неориентированными), называется *неориентированной графовой моделью теоретического материала F* (короче $НМТМ(F)$).

Графовая модель теоретического материала, очевидно, зависит от выбранной методики изложения теоретического материала. Фиксация модели осуществляется выбором определенного учебного пособия P в

качестве основного.

Модель задачи. При решении задач по определенной теме обычно предполагается, что задача должна решаться выбранным методом. Поэтому ниже мы будем рассматривать задачи только вместе с их фиксированными решениями.

Зафиксируем некоторое решение R задачи Z , и обозначим $R(Z)$ набор элементов знания, используемых в решении. *Графовой моделью задачи Z с решением R* (короче $ГМЗР(Z, R)$ или $ГМЗР(Z)$) называется ориентированный граф GZ , вершины которого принадлежат множеству $ММЗ(Z) \cup R(Z)$, а дуги соединяют элементы, между которыми имеются логические связи.

Граф NGZ , полученный из графа $GZ = ГМЗР(Z, R)$ заменой всех дуг ребрами, называется *неориентированной графовой моделью задачи Z с решением R* и обозначается $НГМЗР(Z, R)$ или $НГМЗР(Z)$.

Рассматривая совместно две модели графовую модель теоретического материала $МТМ(P)$ и графовую модель задачи $ГМЗР(Z, R)$, можно выделить несколько случаев их взаимного пересечения. Если граф $ГМЗР(Z, R)$ вкладывается в граф $МТМ(P)$, то решение R задачи Z *согласовано с учебным пособием P* . Ниже мы будем рассматривать только задачи с решениями согласованными с фиксированным учебным пособием P .

Введенные в рассмотрение модели позволяют формализовать ряд известных методических понятий и ввести в рассмотрение новые.

Число вершин в графе $GZ = ГМЗР(Z, R)$ называется *объемом задачи Z с решением R* .

Расстоянием между элементами знания A и B в задаче Z называется число ребер в графе $ГМЗР(Z, R)$, входящих в кратчайший маршрут из A в B (в отличие от пути в маршруте пренебрегают ориентацией дуг).

Максимальное из расстояний между произвольными элементами знания в графе $ГМЗР(Z)$ называется *диаметром задачи Z* . Диаметр задачи характеризует выбранный метод решения. При фиксированном учебном пособии диаметр задачи, связывающей элементы знания A и B , не может быть меньше расстояния между A и B .

Модель задачника. Наряду с отдельными задачами имеет смысл рассматривать системы задач SZ по определенной теме и строить модели таких систем. *Графовой моделью системы задач SZ* называется ориентированный мультиграф MG , множество вершин которого состоит из вершин графов $ГМЗР(Z)$, $Z \in SZ$, а дуга из вершины A в B вершину входит в MG с кратностью k , где k – число задач $Z \in SZ$, модель $ГМЗР(Z)$ которых включает дугу AB . Графовая модель системы задач SZ обозначается $ГМСЗР(SZ)$.

Мультиграф NMG , полученный из графа $MG = ГМСЗР(SZ)$ заменой всех дуг ребрами, называется *неориентированной графовой моделью системы задач SZ* и обозначается $НМСЗР(SZ)$.

Количество вершин мультиграфа $ГМСЗР(SZ)$ называется *объемом*

системы задач SZ .

Расстоянием между элементами знания A и B в системе задач SZ называется число ребер мультиграфа $ГМСЗР(SZ)$ в кратчайшем маршруте из A в B .

Диаметр мультиграфа $ГМСЗР(SZ)$ называется *диаметром системы задач SZ* .

Будем говорить, что система задач *связывает* элементы знания, ассоциированные с ней, если существует маршрут в графе SZ , соединяющий эти элементы знания. Наименьшую из длин маршрутов, соединяющих два элемента знания, будем называть *длиной связи*. Если два элемента знания, ассоциированные с системой задач, не связываются этой системой, то будем считать длину связи между ними равной ∞ .

Рассмотрим некоторые инварианты теории графов и дадим им содержательную интерпретацию в рамках графовой модели исследуемой предметной области.

Подобная интерпретация позволяет предложить пути решения определенных проблем, уже поставленных в методике преподавания математики, например, проблемы отыскания системы ключевых задач, проблемы анализа содержания систем задач по данной теме. В то же время анализ инвариантов и их последующая интерпретация позволяют выявить задачи, ранее в методике преподавания математики в явном виде не сформулированные.

Таким образом, синтез и анализ инвариантов позволяет использовать графовые модели не только в роли средства решения существующих проблем в области методики преподавания математики, но и делает их эффективным инструментом постановки новых проблем в этой области. К числу таких новых проблем относится, например, задача анализа систем задач действующих задачник и учебных пособий.

Инварианты с их интерпретацией приведены в таблице 1.

Табл. 1. *Интерпретация инвариантов теории графов*

<i>Инвариант</i>	<i>Семантика</i>	<i>Интерпретация</i>
Полустепень исхода вершины графа	Число дуг, которые имеют вершину X своей начальной вершиной.	Это число названо <i>параметром базовости</i> вершины, так как оно равняется числу элементов знания, по отношению к которым вершина X является базовой.
Полустепень захода вершины графа	Число дуг, которые имеют X своей конечной вершиной.	Это число названо <i>параметром выводимости</i> вершины, так как оно равняется числу элементов знания, по отношению к которым вершина X является выводимой.
Вектор полустепеней исхода	Кортеж, состоящий из полустепеней исхода вершин графа G , выписанных в порядке неубывания.	Численно описывает распределение элементов знания (вершин графа) по параметру базовости и позволяет выделять вершины с наибольшими и наименьшими значениями

		параметра.
Вектор полустепеней захода	Кортеж, состоящий из полустепеней захода вершин графа G , выписанных в порядке неубывания.	Численно описывает распределение элементов знания (вершин графа) по параметру выводимости и позволяет ранжировать элементы знания по этому параметру. Вектор полустепеней захода для графовой модели системы задач характеризует распределение задач в задачнике применительно к теоретическому материалу.
Число слабых компонент графа	Две вершины X_m и X_n называются <i>слабо достижимыми</i> , если в G существует маршрут из вершины X_m в вершину X_n (в отличие от пути ориентацией ребер в маршруте пренебрегают). Отношение слабой достижимости на множестве X вершин графа G разбивает все множество вершин на классы эквивалентности слабо достижимых вершин. Подграф, порожденный вершинами из такого класса эквивалентности, называется <i>слабой компонентой</i> графа G . Любой граф G однозначно разбивается на слабые компоненты, их количество обозначается через $K(G)$.	Применительно к графовой модели системы задач SZ число слабых компонент мультиграфа характеризует качество системы задач применительно к данному теоретическому материалу. Если $K(SZ) > 1$, то система задач не обеспечивает отработку материала темы в целом (в лучшем случае это система задач обеспечивает отработку теоретического материала только в рамках каждой из слабых компонент). В таком случае система задач нуждается в дополнении новыми заданиями.
Число независимости	<i>Независимым</i> множеством вершин графа $G = (X, A)$ (или внутренне устойчивым множеством) называется подмножество $Y \subseteq X$ такое, что любые две вершины в нем не соединены дугой. Независимое множество называется <i>максимальным</i> , если не существует другого независимого множества, в которое оно бы входило. Число элементов в наибольшем по мощности независимом множестве графа G называется <i>числом независимости</i> $\alpha(G)$ графа G или <i>неплотностью</i> графа, а	Применительно к графовой модели системы задач SZ число независимости n указывает на наличие множества M из n элементов знаний такого, что ни одна пара элементов знаний из M не связывается ни одной задачей из задачника SZ . Чем больше число независимости, тем хуже система задач обеспечивает отработку связей между отдельными элементами знания. В связи с этим возникает необходимость дополнения системы задачами, связывающими элементы знания, ранее не обеспеченные такими задачами. Эти элементы знания ассоциируются с вершинами, содержащимися во всевозможных

	максимальное множество, на котором этот максимум достигается, называется <i>наибольшим независимым множеством</i> .	максимальных независимых множествах.
--	---	--------------------------------------

Помимо перечисленных инвариантов используются и такие как: число t -взаимозависимости, вектор разделения, центр и радиус, число полукомпонент диаметра p , вектор надежности, прочность связи, слабая перемычка, прочность слабой перемычки.

Применение рассмотренных методов проиллюстрируем на примере задачи *построения индивидуальной траектории обучения*.

Определим понятие траектории обучения. Пусть заданы три модели:

- модель теоретического материала $G = MTM(P)$;
- модель знаний ученика $GU = MЗУ(U)$;
- модель цели обучения GC

и набор задач NZ . Требуется в соответствии с целями обучения определить:

а) последовательность изучения элементов знания из учебного пособия G ;

б) выделить систему задач SZ из набора задач NZ необходимую для достижения целей обучения;

в) указать последовательность решения задач из системы SZ с привязкой к учебному пособию P .

Последовательность, состоящая из элементов знания и задач, освоение которых приводит к цели обучения, называется *траекторией обучения*. Нами был разработан [5] алгоритм вычисления траектории обучения конкретного ученика U , опираясь на модель теоретического материала $G = MTM(P)$, модель знаний ученика $GU = MЗУ(U)$, модель цели обучения GC и набор задач NZ . Решение задачи сводится к построению на двух основе известных подграфов нового подграфа. Построение сводится к вычислению рассмотренных ранее инвариантов.

Очевидно, что для больших графов, в которых множество вершин и связывающих их ребер достаточно велико, вычисление инвариантов достаточно сложный процесс. Поэтому необходимы средства, позволяющие эффективно производить такие вычисления. Системы компьютерной математики, включающие достаточно средств для работы с графами, в полной мере могут быть использованы для решения задач компьютерной поддержки управления процессом обучения.

Среди недетерминированных математических дисциплин важное место занимают дисциплины, основанные как на теории вероятностей, математической статистике и стохастическом анализе, так и теории нечетких и хаотических явлений [1, 6-9]. Одним из перспективных средств информационных технологий обучения могут служить гибридные

адаптивные интеллектуальные системы [9].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-07-00021) и программы ОНИТ РАН "Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация" (проект 1.7).

Литература

1. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988.
2. Столяр А.А. Педагогика математики: курс лекций. Минск: Высшая школа, 1974.
3. Зильберберг Н.И. Методические указания по проведению анализа материала учебника математики. Псков: ПОИУУ, 1990.
4. Бояринов Д. А., Емельченков Е. П. О формализации некоторых теоретических понятий методики преподавания математики. Информатизация общества и проблемы образования: Материалы научно-практической конференции (25-27 марта 2002 г.). Москва-Смоленск. Изд. ИПИРАН, СГПУ, 2002. 134 с. С. 100 – 123.
5. Емельченков Е. П. АСПРУ. Построение индивидуальной траектории обучения. II-я международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века». Минск. БГУИР, 2002.
6. Сеницын И.Н. Из опыта преподавания статистических основ информатики в технических университетах // Системы и средства информатики. Вып. 8. М.: Наука, 1996. – С. 68-73.
7. Сеницын И.Н. О статистических аспектах семантической модели при-роды // НТИ. Сер. 2. Информационные процессы и системы. № 4. 1999. С. 19-21.
8. Сеницын И.Н. Канонические представления случайных функций и их применение в задачах компьютерной поддержки научных исследований. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2009.
9. Клачек П.М., Корягин С.И., Колесников А.В., Минкова Е.С. Гибридные адаптивные интеллектуальные системы. Часть 1: Теория и технология разработки: монография. Калининград. Изд. БФУ им. И.Канта, 2011.

Кристаллинский В.Р.,

Смоленский государственный университет, г. Смоленск
kristvr@rambler.ru

Белоусов В.В.

Институт проблем информатики РАН, г. Москва
vbelousov@ipiran.ru

Прогнозирование результатов обучения на основе нечеткого и хаотического моделирования

Как и любая отрасль человеческой деятельности, педагогика нуждается в прогнозировании результатов. Поскольку формализовать существующие в педагогике законы и взаимосвязи весьма трудно, прогнозирование в педагогике остается основанным, по существу, на опыте и интуиции учителя. Нами предлагается эвристический подход, позволяющий до некоторой степени решить задачу формализации процесса прогнозирования результатов обучения. Он основан на том факте, что все разделы изучаемых в школе или в вузе дисциплин взаимосвязаны. Взаимосвязи эти могут быть представлены в форме нечеткого графа, вершины которого – разделы изучаемого курса, а ребра – взаимосвязи между ними. Граф является нечетким, поскольку степень взаимосвязей между разделами различна. Поскольку оценки знаний учащихся тоже по существу являются нечеткими, мы можем построить для прогнозирования знаний по еще не изученным темам систему нечеткого вывода. Продукции в системе основаны на нечетком графе взаимосвязей и имеют структуру «Если знания по разделу 1 есть А И знания по разделу 2 есть В,..., то знания по разделу N есть F». В построенной в рамках этого подхода простейшей экспериментальной системе рассматриваются три раздела курса математики, поэтому граф содержит 3 вершины и два ребра. Для построения системы использовалось расширение Fuzzy Logic Toolbox системы MatLab (см. [1]).

Рассмотрим пример построения системы нечеткого вывода для получения заключения о возможном уровне знаний учащихся по теме «Квадратные уравнения». Предпосылками является информация об уровне знаний по ранее рассмотренным темам «Линейные уравнения» и «Тождественные преобразования».

В качестве входных переменных используются оценки по ранее изученным темам, а в качестве выходной переменной – прогнозируемые оценки по новой теме, связанной с ранее изученными разделами курса. Для каждой из входных переменных строятся три функции принадлежности треугольного вида, соответствующих термам для уровня знаний: низкий,

средний и высокий. Такие же функции строятся и для выходной переменной. Далее строится система правил.

Входные переменные системы есть «Линейные уравнения» и «Тождественные преобразования», а выходная переменная – «Квадратные уравнения».

Система правил имеет вид: ЕСЛИ *первая тема усвоена на низком уровне И вторая тема усвоена на низком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – низкий уровень.*

Окончательно получаем следующую базу правил:

ПРАВИЛО 1: ЕСЛИ *первая тема усвоена на низком уровне И вторая тема усвоена на низком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – низкий уровень.*

ПРАВИЛО 2: ЕСЛИ *первая тема усвоена на низком уровне И вторая тема усвоена на среднем уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – низкий уровень.*

ПРАВИЛО 3: ЕСЛИ *первая тема усвоена на низком уровне И вторая тема усвоена на высоком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – средний уровень.*

ПРАВИЛО 4: ЕСЛИ *первая тема усвоена на среднем уровне И вторая тема усвоена на низком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – низкий уровень.*

ПРАВИЛО 5: ЕСЛИ *первая тема усвоена на среднем уровне И вторая тема усвоена на среднем уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – средний уровень.*

ПРАВИЛО 6: ЕСЛИ *первая тема усвоена на среднем уровне И вторая тема усвоена на высоком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – высокий уровень.*

ПРАВИЛО 7: ЕСЛИ *первая тема усвоена на высоком уровне И вторая тема усвоена на низком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – средний уровень.*

ПРАВИЛО 8: ЕСЛИ *первая тема усвоена на высоком уровне И вторая тема усвоена на среднем уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – высокий уровень.*

ПРАВИЛО 9: ЕСЛИ *первая тема усвоена на высоком уровне И вторая тема усвоена на высоком уровне ТО прогноз по усвоению новой темы – высокий уровень.*

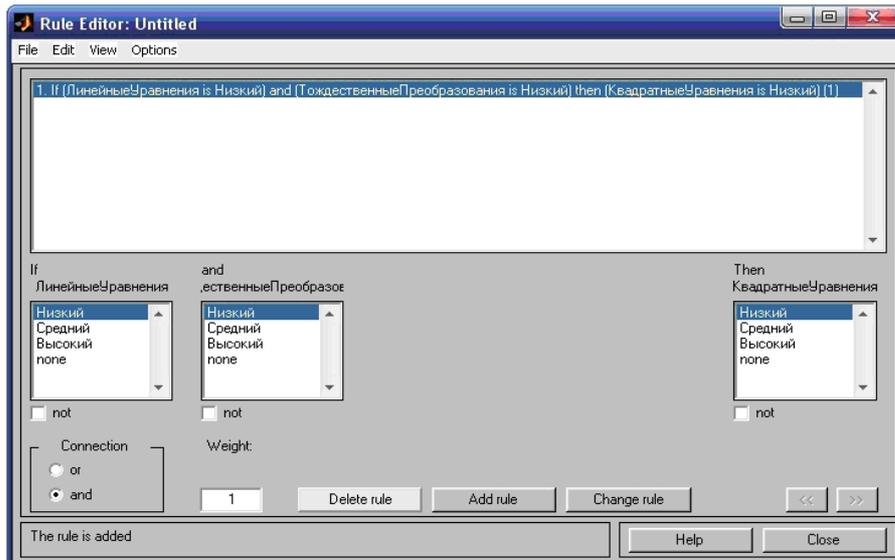


Рис. 1. Окно системы MatLab, служащее для ввода системы правил

Ввод правил в систему осуществляется с помощью простой и интуитивно понятной процедуры.

Результат работы программы содержится в окне визуализации системы нечеткого вывода (рис.2-3). В поле **Input** указываются значения входных переменных, для которых выполняется нечеткий логический вывод. Удобство системы заключается в том, что учитель может вводить в нее как оценки по пятибалльной системе, так и любые промежуточные оценки.

Па рис. 2 представлен результат вывода системы для оценки 3 по первой теме и 3 по второй теме.

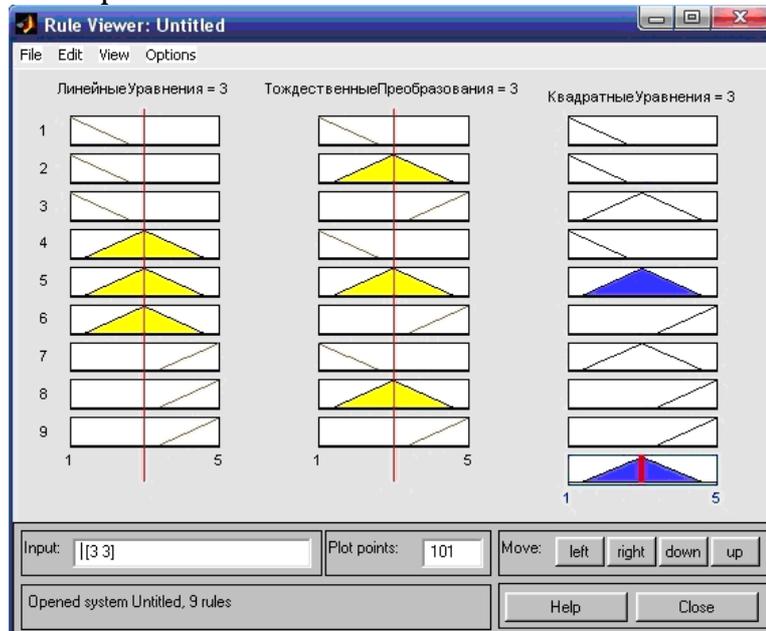


Рис. 2. Окно для визуализации системы нечеткого вывода для случая оценок 3, 3 по изученным темам

На рис. 3 представлен результат вывода системы для оценки 5 по первой теме и 5 по второй теме.

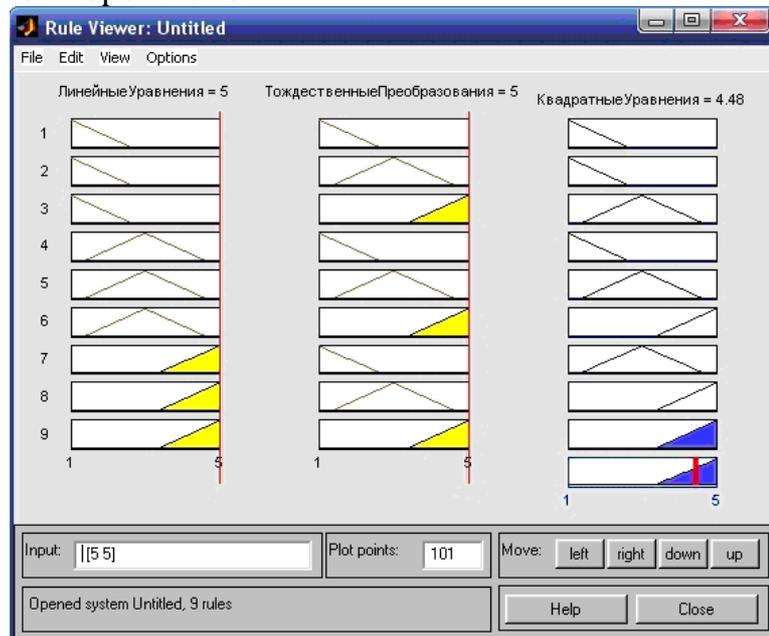


Рис. 3. Окно для визуализации системы нечеткого вывода для случая оценок 5, 5 по изученным темам

На рис. 4 приведена поверхность «входы - выход», соответствующая синтезированной нечеткой системе. Эта поверхность позволяет анализировать общий вид зависимости и строить общие выводы о ее характере.

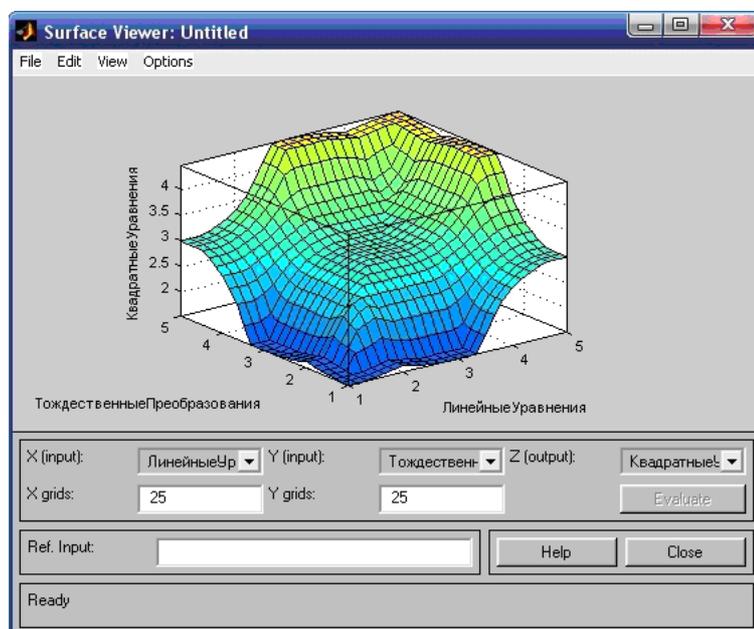


Рис. 4. Поверхность «входы - выход», соответствующая нечеткой системе

Степень взаимосвязи между разделами курса определяется учителем на основе его опыта. Проверку адекватности построенной математической

модели можно осуществить только в ходе эксперимента. Если система позволяет верно прогнозировать знания учащихся, то можно ее использовать. Если нет, нужно переформулировать правила или изменить функции принадлежности термов.

Рассмотренный метод достаточно прост и позволяет учителю, имеющему средний уровень математической и компьютерной грамотности, решать задачу прогнозирования уровня знаний учащихся.

Важное место среди недетерминированных математических методов занимают также подходы, учитывающие хаотические процессы в системах. Особый интерес представляют задачи анализа и моделирования комбинированных стохастических и хаотических систем. В работе [2] даны примеры использования современных информационных технологий для анализа нелинейных стохастических и хаотических систем с гармоническим воздействием.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-07-00021) и программы ОНИТ РАН "Интеллектуальные информационные технологии, системный анализ и автоматизация" (проект 1.7).

Литература

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007.
2. Sinitsin I.N., Belousov V.V. Informational technologies for quasilinear research of combined stochastic and chaotic systems / Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM) Journal, 2012, #1, pp 147-155.

Мокров Е.В.,

Российский университет дружбы народов, аспирант кафедры систем телекоммуникаций
melkor77@yandex.ru

Самуйлов К.Е.

Российский университет дружбы народов, заведующий кафедрой систем телекоммуникаций
ksam@sci.pfu.edu.ru

Модель облачных вычислений в виде системы массового обслуживания

Аннотация

В работе рассматривается математическая модель системы облачных вычислений, построенная с использованием системы $M/M/n/\infty$. Полученная модель проверяется при помощи имитационного моделирования. В конце проводится сравнение имитационных данных с расчетными.

Введение

Облачные вычисления считаются новой вычислительной парадигмой, которая может изменить подход к приобретению и использованию вычислительных ресурсов. До сих пор инвестиции в вычислительные ресурсы являлись одной из основных статей расходов большинства организаций. Однако, с появлением облачных вычислений, расходы на вычислительные ресурсы могут рассматриваться уже не как основные, а как эксплуатационные затраты. Кроме того, компания будет платить только за те услуги, которые она непосредственно использует, а не за аппаратное и программное обеспечение. Облачные вычисления включает в себя несколько компонентов, таких как сетевые устройства, вычислительные ресурсы, системы хранения данных, физически расположенные на больших расстояниях. Пользователи могут гибко совместить эти распределенные ресурсы вместе, чтобы создать уникальную для себя среду.

Эти компоненты могут быть описаны с помощью вероятностных моделей [1,2]. Облачные системы получают запросы на различные услуги и создают виртуальные машины для их обслуживания. Можно моделировать входящие запросы пользователей и предоставление услуг статистически, поскольку все эти операции являются случайными процессами.

В статье представлена математическая модель облачной вычислительной системы, построенной с использованием теории массового обслуживания. Результаты вычислений в статье были проверены

с помощью имитационного моделирования.

Описание модели

Будем моделировать работу системы облачных вычислений как систему массового обслуживания (СМО) типа $M|M|n|\infty$. Сначала рассмотрим наиболее простую конфигурацию – модель 1 (рис. 1). Здесь клиент обращается напрямую к нескольким поставщикам облачных услуг, запрашивая различные услуги, например, вычислительные мощности (услугу 1) у одного поставщика, место для хранения информации (услугу 2) у другого, а данные (услугу 3) у третьего. Так как все эти услуги требуются в рамках одного общего запроса клиента и предоставляются до момента получения результата, посылаемого клиенту, то мы можем считать все запросы в рамках одного общего запроса клиента выполняемыми параллельно и независимо друг от друга. Запросы на услугу i поступают с интенсивностью λ_i и обслуживаются с интенсивностью μ_i , $i=1,\dots,k$. Таким образом, каждый запрос обрабатывается в СМО $M|M|n|\infty$, при этом время исполнения общего запроса клиента (так называемое «время отклика») будет определяться по формуле $t = \max_{1 \leq i \leq k} \{t_i\}$, где

$$t_i = \frac{C(n_i, \rho_i)}{n_i \mu_i - \lambda_i} + \frac{1}{\mu_i}$$

Здесь t_i – среднее время пребывания заявки в системе i , n_i – число приборов в системе i , μ_i – интенсивность обслуживания в системе i , λ_i – интенсивность поступления заявок в систему i , $\rho_i = \frac{\lambda_i}{n_i \mu_i}$ – нагрузка на систему i ,

$$C(n_i, \rho_i) = \frac{(n_i \rho_i)^{n_i}}{n_i!} \frac{1}{1 - \rho_i} \left(\sum_{j=0}^{n_i-1} \frac{(n_i \rho_i)^j}{j!} + \frac{(n_i \rho_i)^{n_i}}{n_i!} \frac{1}{1 - \rho_i} \right)^{-1}$$

– вероятность того, что в системе i все приборы заняты, $i=1,\dots,k$.

Рассматриваемая модель системы с несколькими поставщиками услуг облачных вычислений схематически представлена на рис. 1.

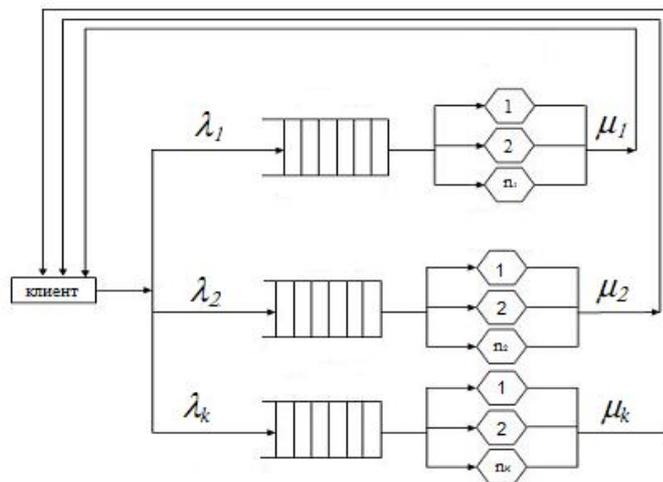


Рис. 1. Модель системы облачных вычислений с несколькими

поставщиками услуг

Здесь у каждого поставщика услуги имеется своя очередь. Поскольку мы считаем поставщиков независимыми, то и очереди к каждому поставщику также независимы. Таким образом, мы получаем k независимых систем типа $M|M|n|\infty$, запросы в которых обслуживаются параллельно. В таком случае время исполнения общего запроса клиента определяется запросом с самым длительным временем исполнения, т.е. $t = \max_{1 \leq i \leq k} \{t_i\}$.

Далее рассмотрим систему, в которой все результаты собираются на одном узле для конечной обработки и отправки клиенту – модель 2, схематически представленную на рис. 2.

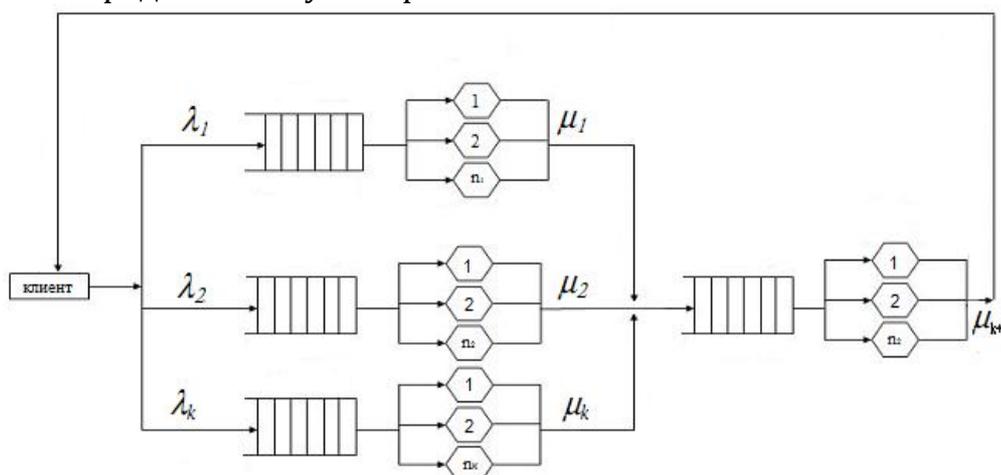


Рис. 2. Модель системы облачных вычислений с несколькими поставщиками услуг и центральным узлом

В данном случае происходит последовательная обработка запросов, поэтому время пребывания в системе будет складываться из рассчитанного для первой модели времени пребывания и времени, необходимого для обслуживания в центральном узле $t = \max_{1 \leq i \leq k} \{t_i\} + t_{k+1}$.

Численный анализ

Для проверки расчетов по аналитическим формулам была разработана имитационная модель на языке GPSS (General Purpose Simulation System). При моделировании число поставщиков услуг выбрано равным 4, а другие исходные данные представлены в таблице 1.

Табл. 1. Исходные данные

Номер поставщика	Число приборов	Интенсивность обслуживания
1	5	2
2	3	2,8
3	2	3,5
4	5	2

На рис. 3 показаны результаты имитационного моделирования и результаты расчетов по аналитическим формулам для модели 1.

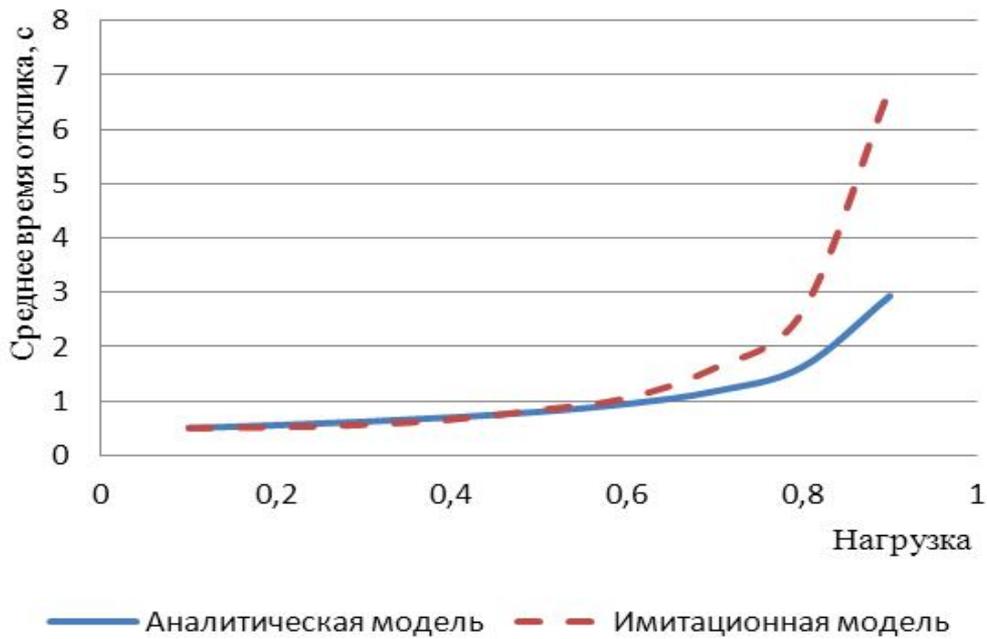


Рис. 3. Среднее времени отклика для модели 1.

Рис. 4 показывает аналогичные графики для модели 2, где число приборов в узле $k+1$ выбрано равным $n_{k+1}=1$, интенсивность обслуживания $\mu_{k+1}=12$, остальные данные взяты из таблицы 1.

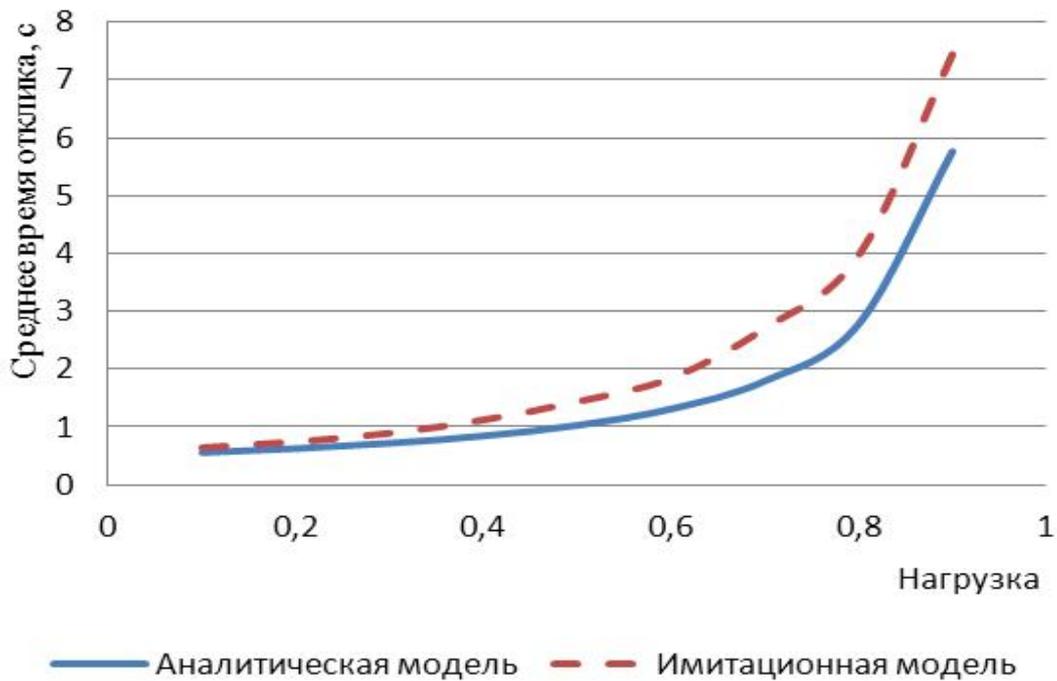


Рис. 4. Среднее времени отклика для модели 2

На рис. 5 показана разница значений времени отклика для первой и второй моделей. Можно видеть, что при малой нагрузке среднее время отклика меньше в модели 1, однако при достаточно большой нагрузке на систему (около 0.8) обе модели ведут себя практически одинаково, а при дальнейшем увеличении нагрузки становится заметным преимущество модели 2.

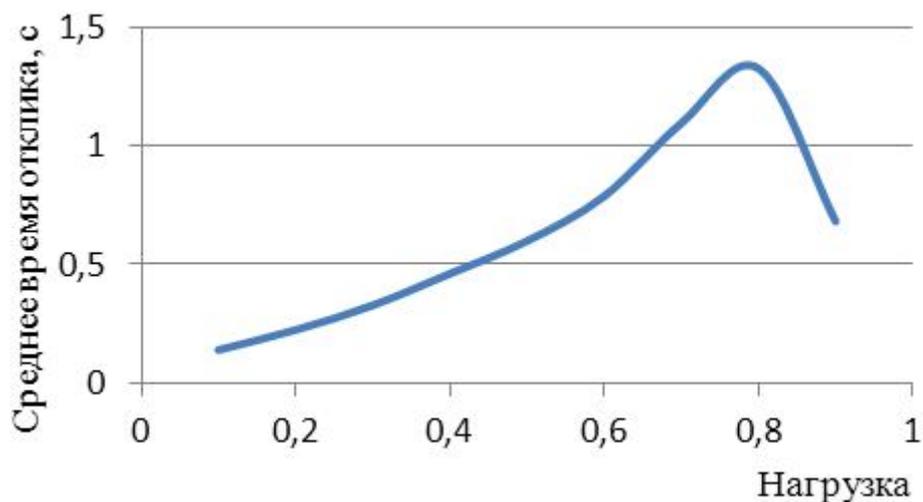


Рис. 5. Сравнение значений среднего времени отклика для моделей 1 и 2

Заключение

Были рассмотрены и проанализированы с точки зрения среднего времени отклика две конфигурации системы облачных вычислений. Используя эти конфигурации, можно строить более сложные системы, расчеты для которых могут быть проведены аналогично предложенным в данной статье.

Таким образом, мы показали, что при достаточно больших нагрузках модель 2 эффективнее с точки зрения времени отклика системы на запрос клиента, однако при относительно малых нагрузках модель 1 показывает лучшие результаты. Это также подтверждается имитационным моделированием системы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 12-07-00108-а).

Литература

1. Mohamed Firdhous, Osman Ghazali, Suhaidi Hassan "Modeling of Cloud System using Erlang Formulas" in 17th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), Sabah, Malaysia 2011.

2. M. Marzolla, "The qnetworks toolbox: a software package for queueing networks analysis," in 17th International Conference on Analytical and Stochastic Modeling Techniques and Applications (ASMTA 2010), Cardiff, UK, 2010.

Мунерман В.И.,

Смоленский государственный университет
vymoon@gmail.com

Сенчилов В.В.,

Смоленский государственный университет
wsen@gmail.com

Синицын И.Н.

ИПИ РАН
sinitsin@dol.ru

Системы компьютерной математики как средство формирования детерминированного и стохастического воображения у учащихся

За последнее десятилетие компьютер, как средство коммуникации, приобретает все большее значение, а овладение им хотя бы на уровне пользователя, становится одним из условий эффективного участия в социальной жизни.

Особенно необходим компьютер для обучения учащихся и должен занять в данном процессе достойное место.

С введением курса информатики неоднократно производились попытки внедрения компьютера в процесс обучения другим предметам. Первоначально для этой цели использовались простые тренажеры, зачастую созданные школьниками этой же школы под руководством учителя информатики в лучшем случае при участии энтузиаста-предметника. Как правило, попытки внедрения компьютера в процесс обучения проваливались довольно быстро из-за несовершенства программного продукта, организационных сложностей, связанных с загруженностью компьютерного класса и неподготовленностью предметника к самостоятельной работе в компьютерном классе.

Появление программно-методических комплексов психологически несколько сдвинули процесс внедрения информационных технологий в образование, но в силу организационно-методических сложностей не привело к ожидаемой цели. Сегодня же наблюдается возрастающий интерес учителей-предметников к использованию информационных технологий в обучении. В современной школе компьютер все шире используется не только на уроках информатики, но и на уроках математики, химии, биологии, русского языка, литературы, изобразительного искусства, иностранного языка, а достоинства и недостатки применения информационных и телекоммуникационных

технологий в школьном образовании широко обсуждаются на страницах практически всех методических журналов и газет. При этом каждому учителю, безусловно, очевидна целесообразность применения компьютеров для обучения, как на начальном этапе обучения, так и в среднем и старшем звеньях школы. Богатейшие возможности представления информации на компьютере позволяют изменять и неограниченно обогащать содержание образования; выполнение любого задания, упражнения с помощью компьютера создает возможность для повышения интенсивности урока; использование вариативного материала и различных режимов работы способствует индивидуализации обучения.

Значительное место в системе формирования интеллектуальной и творческой личности обучающегося отводится изучению математики как дисциплины, обладающей огромным гуманитарным и мировоззренческим потенциалом.

В настоящее время можно выделить более десятка примеров программных средств обработки математических данных, однако недостатки большинства из них привели к тому, что наиболее популярными для учащихся и преподавателей являются следующие:

- системы компьютерной математики MathCAD, Maple, MatLab (поскольку эти математические пакеты являются автоматизированными системами для динамической обработки данных в числовом и аналитическом виде, поэтому они значительно облегчают решение сложных математических задач, их грамотное применение в учебном процессе обеспечивает повышение фундаментальности математического и технического образования, содействует подлинной интеграции процесса образования, а новые версии систем позволяют готовить электронные уроки и книги с применением новейших средств мультимедиа, включая гипертекстовые и гипермедиа-ссылки, анимированные графики различной степени сложности, фрагменты видеофильмов и звуковое сопровождение);

- табличный процессор MS Excel (может быть использован как средство для построения диаграмм, описывающих динамику изучаемых процессов, как инструмент для экспериментирования, что формирует у ученика умение находить оптимальное решение, возможность выражать решение уравнений в графической и аналитической форме, умение отыскивать целочисленные решения; используя MS Excel, ученик приобретает навыки построения графиков по заданным значениям x и y , исследования схемы построения числовых последовательностей, анализа статистических данных);

- электронный учебник-справочник «Планиметрия» (считается одним из первых программных средств для изучения математики на компьютере, причем от большинства других компьютерных обучающих программ «Планиметрия» отличается полнотой изложения курса геометрии, функциональностью, минимальной условностью подачи материала);

- программа «Живая математика» (компьютерная система интерактивного моделирования, исследования и анализа широкого круга задач при изучении геометрии, стереометрии, алгебры, тригонометрии, математического анализа, является эффективным средством для широкого спектра пользователей от учеников 1 класса до студентов вуза, хотя в основном она рассчитана на поддержку школьного курса геометрии и алгебры).

Однако необходимо отметить, что для изучения школьного курса математики наиболее подходящим средством является именно система «Живая математика». Системы компьютерной математики MathCAD, Maple, MatLab являются достаточно дорогостоящими. Для использования табличного процессора MS Excel учащиеся должны иметь некоторый базовый уровень необходимых знаний. «Планиметрия» трудна для первичного изучения математики из-за широкого использования теоретико-множественных понятий и символов, что, безусловно, связано с системой аксиом, которую выбрали авторы в качестве базовой для своего учебника.

Очевидно, что для достижения высокого уровня математической подготовки учащихся необходимо обеспечить возможность приобретения ими фундаментальных знаний, развития воображения, стремления к самостоятельному изучению нового материала. Однако результаты единого государственного экзамена по математике показывают, что уровень знаний и умений школьников является достаточно низким, причем достаточно серьезные проблемы учащиеся испытывают при решении геометрических задач, а многие ученики вовсе не приступают к решению подобных заданий.

Малое количество наглядных примеров приводит к тому, что в 10 классе, начиная изучать новый раздел геометрии – стереометрию, ученики, имевшие дело в 7–9 классах с геометрией на плоскости, испытывают серьезные затруднения при переходе из плоскости в пространство. «Лишнее» измерение создает особенные сложности уже в начале изучения стереометрии, когда учащиеся сталкиваются с необходимостью представить себе столь абстрактные понятия, как бесконечно протяженные прямая и плоскость в пространстве, которым посвящено большинство теорем и задач курса 10 класса. Причем понятие прямой на плоскости, которое школьники изучили еще в седьмом классе, практически не позволяет упростить сложность восприятия схожего объекта с дополнительным свойством.

Второе затрудняющее школьников обстоятельство – как подойти к доказательству теоремы или решению зачастую весьма абстрактной задачи. А проблема учителей – как научить школьников находить нужный подход. Дело в том, что хотя геометрическое, пространственное воображение присуще некоторым школьникам, но таких не так уж много.

Большинству школьников требуется помощь в развитии умения представлять и изображать стандартные стереометрические конфигурации, их приходится как-то обучать геометрическому видению – пониманию теорем и условий задач, сформулированных словесно.

Усиление логической составляющей курса геометрии, стремление построить курс на строго дедуктивной основе привело к тому, что проблема развития пространственного мышления отошла на дальний план, что отрицательно отразилось на результатах обучения геометрии и, в первую очередь, стереометрии.

Процесс формирования и развития пространственных представлений характеризуется умением мысленно конструировать пространственные образы или схематические конфигурации изучаемых объектов и выполнять над ними мыслительные операции, соответствующие тем, которые должны быть выполнены над самими объектами.

Очевидно, что проблема наглядности, связанная с тем, что изображения даже простейших стереометрических фигур, выполненные в тетрадах или на доске, как правило, содержат большие погрешности, является одной из основных проблем при изучении стереометрии. Чтобы сделать восприятие материала более легким учителя часто используют такие наглядные пособия на уроках геометрии, как модели параллелепипеда, пирамиды, правильных многогранников, которые можно найти в большинстве кабинетов математики. При этом чаще всего такие модели используются с чисто иллюстративной целью: все, что с ними можно делать – это разглядывать с разных сторон. Однако запастись моделями для всего разнообразия решаемых на уроках задач невозможно.

Использование при изучении стереометрии вещественных моделей для показа взаимного расположения прямых и плоскостей в пространстве необходимо, но недостаточно. Во-первых, не всегда просто показать расположение объектов внутри геометрических тел; во-вторых, невозможно проследить динамику построений; в-третьих, переход от вещественной пространственной модели к ее изображению на плоском чертеже затруднен для учащихся. Отсюда повышенный интерес к виртуальному трехмерному моделированию и его применениям в школе.

Визуальное представление определений, формул, теорем и их доказательств, качественных чертежей к геометрическим задачам, предъявление подвижных зрительных образов в качестве основы для осознанного овладения научными фактами обеспечивает эффективное усвоение учащимися новых знаний и умений.

В современной школе многие учителя математики имеют некоторые навыки применения новых информационных технологий на уроках и при подготовке к ним. Подготовить к уроку материал, иллюстрирующий доказательство теоремы или решение задачи в трехмерном пространстве, можно такими распространенными программными средствами, как, например, MS PowerPoint. Однако их применение для подобных целей

требует от пользователя не только высокого уровня знаний и навыков работы с системой, но и умения обеспечить выполнение дидактических целей занятия. Кроме того, при создании таких проектов учитель должен самостоятельно следить не только за соблюдением необходимых технических требований при построении тех или иных линий в чертеже, но и за его соответствием условию поставленной задачи.

Справиться со многими такими проблемами помогает программа «Живая математика». Поскольку в основе системы программный инструмент фирмы Key Curriculum «Geometers Sketchpad», поэтому «Живая математика» наиболее часто применяется для иллюстрации именно геометрических элементов. Кроме того, пакет Geometer's Sketchpad дополняют разработки Института новых технологий - компьютерные альбомы, задачки, примеры использования программы, а также печатные методические материалы.

Являясь достаточно простой в освоении, рассматриваемая компьютерная проектная среда позволяет создавать красочные, легко варьируемые и редактируемые чертежи, осуществлять операции над ними, а также проводить измерения геометрических величин. Использование программы в преподавании геометрии обеспечивает развитие деятельности учащегося по таким направлениям, как анализ, исследование, построение, доказательство, решение задач, головоломок и даже рисование.

Кроме того, работа в такой «кваситрехмерной среде» отлично развивает пространственное воображение. Появляется возможность по-новому ставить и решать задачи на построение в пространстве, причем проверка правильности решения обеспечивается самой возможностью взглянуть на конструкцию с разных сторон. Да и другие виды задач и методы их решения при переносе на интерактивные модели получают новое качество, в первую очередь следует отметить задачи на метод проекций.

Преподаватель, располагающий компьютером, мультимедийным проектором и экраном, имеет возможность интенсифицировать процесс обучения, сделать его более наглядным и динамичным. При помощи программы «Живая математика» можно легко строить сечения в прямоугольном параллелепипеде и в тетраэдре, на которые при ручном построении тратится немало времени. В процессе работы можно вращать многогранник для лучшего представления сечения. Ученики начинают лучше понимать отличие скрещивающихся прямых от пересекающихся, отличать видимые точки пересечения от настоящих точек пересечения.

Рассмотрим простую задачу с построением сечения методом следов в прямоугольном параллелепипеде. Дан прямоугольный параллелепипед. Построить сечение параллелепипеда, проходящее через след a и точку P (рис. 1).

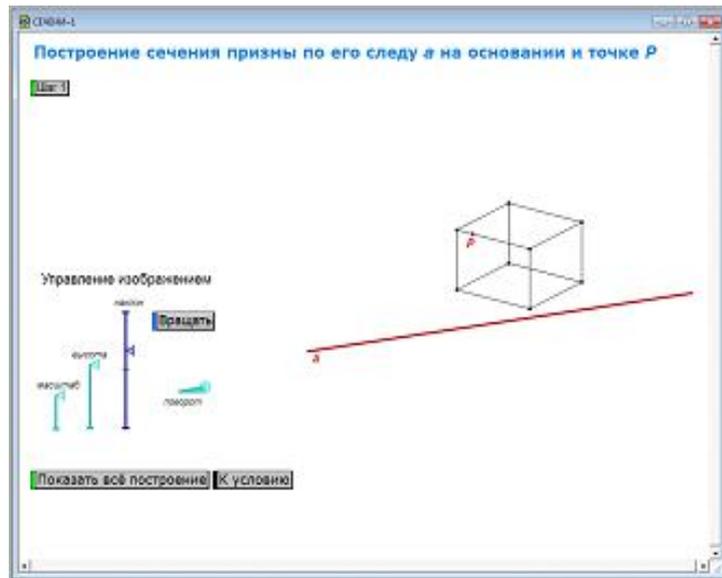


Рис. 1. Исходная модель

При построении можно провести ортогональные проекции точек на боковых гранях, а также включить в любой момент вращение конструкции вокруг одной или нескольких осей чтобы, выбрав новый ракурс изображения, проверить правильность выполненных построений (рис. 2).

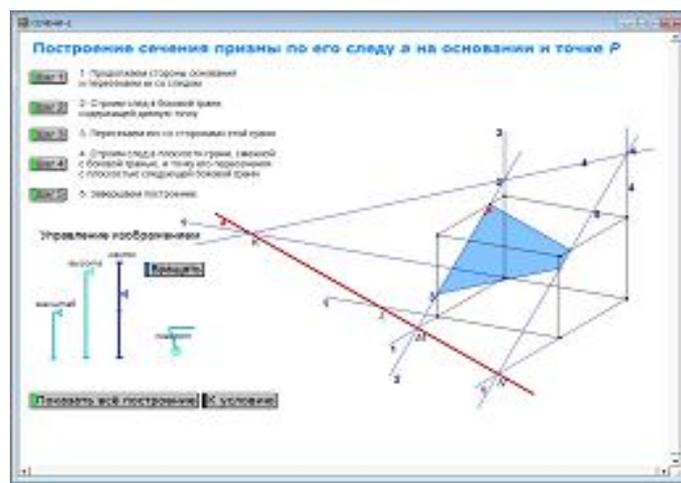


Рис. 2. Итоговая модель

Современная трехмерная графика позволяет создавать модели достаточно сложных геометрических фигур и их комбинации, вращать их на экране, выбирать удобное для решения положение фигур, освещать и выделять нужные объекты.

Иллюстрациями качественных утверждений служат подвижные чертежи, позволяющие работать со всеми объектами, составляющими конфигурации, используемые в формулировках. Иногда такие чертежи содержат некоторые значения численных характеристик, если последние подтверждают справедливость качественных утверждений. Перемещая

элементы чертежа, учащийся может убедиться в истинности утверждений, при этом учитель имеет возможность контролировать понимание формулировок: задавать вопросы о существенности условий, просить ученика точно формулировать его наблюдения.

Использование данной программы позволяет сделать процесс обучения интересным и наглядным, развивает творческую деятельность учащихся, их абстрактное и логическое мышление.

Среда «Живая математика» представляет собой электронный аналог готовальни, разумеется, с дополнительными возможностями, например, таким как создание своеобразных геометрических "мультфильмов".

Следует отметить, что сама среда не является обучающей и "сама ничего не делает", - все чертежи в ней создаются пользователем, а программа лишь предоставляет для этого необходимые средства, так же как и возможности для усовершенствования чертежей и их исследования.

Для создания чертежей используются такие стандартные геометрические операции, как проведение прямой (луча, отрезка) через две точки, построение окружности по заданному центру и точке на окружности (или по заданным центру и радиусу), биссектрисы угла, середины отрезка, проведение перпендикулярных и параллельных прямых, фиксация пересечения прямых, окружностей, прямой и окружности.

Имеется хорошо развитая система измерений длин, углов, площадей, периметров, отношений с достаточно большой точностью, которая легко регулируется.

Имеющаяся система преобразований позволяет производить над объектами такие операции как отражение, растяжение, сдвиги, повороты. А главное, во время работы с «Живой математикой» пользователь может взять точку на созданном чертеже и переместить ее по предписанной траектории. При этом изменяется длина, форма линий, то есть первоначальное изображение принимает совсем иные формы. И ощущение от этого совсем иные, чем при разглядывании статистического чертежа!

Таким образом, одно из главных достоинств «Живой геометрии» - возможность непрерывно менять объекты, что создает предпосылки для развития компьютерного эксперимента.

Орнаменты и рисунки самая увлекательная и творчески развивающая часть программы. Здесь ученику приходится применять все свои умения и навыки в построении геометрических фигур для создания красивых узоров. Самыми интересными являются задания, где требуется придумать свои узоры. Здесь каждому ученику представляется возможность показать свои способности.

Эта обучающая программа может использоваться при изучении математики по любым учебникам, в любом классе позволяя учителю продемонстрировать изучаемый материал.

Пакет «Живая математика» позволяет не только изучать основные геометрические объекты и их свойства, создавать интерактивные чертежи,

а также выполнять различные измерения. Кроме того, она лучше развивает понимание при формулировании теорем и последующего их доказательства. С помощью программы можно также найти примеры, ручной поиск которых занял бы много времени или же просто невозможен.

Выделим основные достоинства программы "Живая математика" для процесса обучения:

- развивает навыки самостоятельного мышления;
- формирует положительное и ответственное отношение к учебе, прослеживается рост успеваемости;
- повышается самооценка учащегося, самокритичность;
- появляется заинтересованность и потребность в получении дополнительных знаний;
- раскрывается интерес к научной деятельности, что является существенным достижением в период значительного спада интереса к математике;
- высокий эстетический уровень оформления работ, делает изучение математики привлекательным.

Следовательно, программа «Живая математика» представляет собой уникальный продукт, позволяющий строить современный компьютерный чертеж, который легко идентифицируется с традиционным, но в отличие от него программный чертёж можно тиражировать, деформировать, перемещать и видоизменять, элементы чертежа легко измерить компьютерными средствами, а результаты этих измерений допускают дальнейшую компьютерную обработку. Именно динамический, визуальный метод «Живой математики» позволяет младшим ученикам приобретать необходимый опыт манипуляции математическими объектами. С помощью Sketchpad учащиеся могут создать объект, а затем изучить его математические свойства, просто перемещая объект мышью. Все математические отношения, заложенные при построении, сохраняются, позволяя ученикам изучить целый комплекс аналогичных случаев за несколько секунд. Такой стиль работы, как отмечают психологи, подводит учащихся к обобщениям самым естественным путем. Sketchpad помогает процессу открытия, при котором даже студенты сначала представляют себе и анализируют проблему, и затем делают предположения, прежде, чем попытаются доказать.

В задачах динамической обработки данных широкое применение нашли различные вероятностно-статистические методы. Успех в их усвоении и практической реализации во многом зависит от того, как рано учащийся познакомится с вероятностно-статистическими подходами, например, описанными в [4, 5]. Поэтому формирование как "ансамблевого" воображения, так и "фильтрационного" воображения имеет фундаментальное значение для понимания основ современной стохастической информатики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-07-00021).

Литература

1. Высоцкий И.Р. Единый государственный экзамен. Универсальные материалы для подготовки учащихся. Математика. Под редакцией Семенова А.Л., Яценко И.В. / ФИПИ – М.: Интеллект-Центр, 2010. 96с.
2. Дубровский В.Н. Стереометрия с компьютером // Компьютерные инструменты в образовании, 2003. № 6. С. 3-11.
3. Рязановский А.Р., Мирошин В.В. Математика, решение задач повышенной сложности. М.: Интеллект-Центр, 2007. 480с.
4. Сеницын И.Н., Корепанов Э.Р., Белоусов В.В., Шоргин В.С., Макаренко И.В., Конашенкова Т.Д., Агафонов Е.С., Семендяев Н.Н. Развитие компьютерной поддержки статистических исследований систем высокой точности и доступности // Системы и средства информатики, 2011. Вып. 21. № 1. С. 7-37.
5. Сеницын И.Н. Канонические представления случайных функций и их применение в задачах компьютерной поддержки научных исследований. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2009. 768 с.

Пархоменко С.С.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет»,
аспирант 1-го года обучения по специальности «Теоретические
основы информатики»
ibm8086@yandex.ru

Об оценке времени выполнения приложения в распределённых вычислительных сетях

1. Введение

Добровольные вычисления – распределенные вычисления с использованием предоставленных добровольно вычислительных мощностей. Идея родилась в связи с бурным развитием Интернета, который вбирает в себя огромные вычислительные ресурсы. Современные вычислительные системы для добровольных вычислений строятся на базе GRID-систем. В качестве их ключевых особенностей можно выделить слабосвязанность, гетерогенность компьютеров.

Автор в [1] отмечает, что использование исторической базы в планировании хорошо изучено и доказана её эффективность. Однако проблема организации исторической базы данных пока остаётся открытой. Для каждой отдельной задачи прогнозирования подбирается конкретный, оптимальный для неё, способ сбора статистических данных. В случае с добровольными вычислениями, за основу можно взять проблему составления прогноза для нового участника сети: на чём основать прогноз для участника, который ещё не принимал участия в решении задач? Один из способов решения проблемы описан в пункте 2 статьи.

После сбора данных необходимо провести их обработку и подобрать алгоритм, по которому из них выводится оценка. Например, в [2] определяется степень подобия запускаемой и ранее выполнявшихся программ по ряду параметров, которые фигурируют в соответствующей метрике «близости». В силу того, что в сети добровольных вычислений участники постоянно сменяют друг друга (или просто уходят на время), необходимо получить и обработать сведения о времени выполнения приложений на ограниченном парке машин таким образом, чтобы иметь возможность получить оценку для широкого множества оборудования. Для решения этой проблемы можно воспользоваться возможностями нейронных сетей выводить сложные функции по обучающей выборке и находить новые значения полученной функции с помощью интерполяции.

Данная статья преследует определённую цель – получить оценку времени выполнения приложения. Сформулируем для этого математическую задачу: пусть существует некоторое множество машин Ω , параметров P , и временная шкала $T = (0, \infty)$. Пусть каждую машину $\omega \in \Omega$

можно описать с помощью некоторого вектора $\vec{X} = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$, $p_m \in P$, причём $\forall \omega (m = \text{const})$. Предположим, что в некоторый момент времени в сети присутствуют машины $w_i, |w| = n, i = \overline{1, n}, w_i \in \Omega$ с наборами параметров $\vec{X}^i = \{p_1^i, p_2^i, \dots, p_m^i\}$, где n – некоторое малое число (в данной статье условно примем $10 < n < 100$), m – количество наблюдаемых параметров. Пусть $\exists F, \forall \vec{X} (\vec{X} \xrightarrow{F} T)$. Стоит отметить, что F – не обязательно является математической функцией. В общем случае это может быть абсолютно любое сюръективное преобразование вектора \vec{X} в шкалу T . Необходимо найти для $\omega_k \notin \omega_i$ значение $F \circ \vec{X}^k = t$, где $t \in T$ – оценка времени выполнения приложения.

2. Анализ способов составления исторической базы

Сформулируем и проверим **гипотезу 1**: использование постоянных характеристик вычислительной аппаратуры даёт однозначную прогнозируемую оценку.

Для наглядности в качестве постоянной характеристики примем частоту процессора. Для этого будем ориентироваться на очевидную зависимость: чем выше частота процессора, тем меньше время, затраченное на выполнение приложения.

Формально эту зависимость можно представить в виде правила: если $v_1 > v_2$, то $t_1 < t_2$, где t_1, t_2 – время выполнения приложения на компьютерах с частотой процессора v_1 и v_2 соответственно.

Для проверки гипотезы был проведён вычислительный эксперимент, суть которого заключается в определении времени выполнения некоторой тестовой программы 25 участниками-компьютерами с известной частотой процессора. Тестовая программа была разработана так, чтобы влияние остальных характеристик компьютера (например, объём памяти, частота шины и прочие) оказывали минимальное влияние на её время работы. На основе полученных данных $G_1 = \{(v_n, t_n)\}_{n=1}^{31}$ составлен график (рис. 1).

Проанализировав график на рис. 1, отметим, что данные имеют высокую степень зашумлённости. Из этого следует, что оценка времени выполнения приложения тоже будет приближенной. Среди данных G_1 , можно отметить появление нескольких компьютеров с одинаковой частотой процессора, но разным временем выполнения приложения, что приводит к неопределённой ситуации, в которой $f : G_1 \rightarrow t, \exists v_1, v_2 : f(v_1) = f(v_2), v_1 \neq v_2$; её можно обобщить и записать в виде утверждения:

$$\forall G(P(\exists(f : \xi \rightarrow t(\xi_1 \neq \xi_2 \wedge f(\xi_2)))) > 0),$$

где $G_1 = \{(\xi_n, t_n)\}_{n=1}^k$ – данные, представленные в виде набора из k точек с координатами (ξ, t) , ξ – значение некоторого параметра, t – значение времени, $P(A)$ – вероятность выполнения события A , т.е. функция зависимости времени работы приложения от одного фактора в общем