

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

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И КИБЕРНЕТИКИ

**VIII Международная
научно-практическая конференция**

**Современные
информационные технологии
и ИТ-образование**

СБОРНИК ИЗБРАННЫХ ТРУДОВ

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

**Москва
2013**

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



*Издание осуществлено при финансовой
поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований
(проект № 13-07-06076_г)*

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

Рецензенты:

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

С56

Современные информационные технологии и ИТ-образование /
Сборник избранных трудов VIII Международной научно-практической
конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2013. - 829 с. -
978-5-9556-0155-7

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

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

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

© Факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова

978-5-9556-0155-7

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Колин К.К.

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

Информационная культурология: философские и научно-методологические основания изучения и развития информационной культуры человека и общества

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информация, культура, информационная культура, философские основы, электронная культура, информационная этика.

АННОТАЦИЯ:

Рассматриваются философские и научно-методологические аспекты проблемы формирования информационной культуры человека и общества в условиях становления информационной цивилизации. Показано, что для системного изучения этой проблемы необходимо формирование новой научной дисциплины – информационной культурологии. Предлагается определения объекта и предмета исследований этой дисциплины, а также ее места в системе научного познания.

Актуальность проблемы

Исследования показывают, что одним из стратегически важных направлений развития цивилизации в 21-м веке является глобальная информатизация общества. Информационное развитие страны является сегодня необходимым условием ее конкурентоспособности в мировом сообществе, важным фактором социально-экономического развития, эффективного использования человеческого потенциала, повышения качества жизни населения и обеспечения национальной безопасности. Поэтому на Всемирных экономических форумах, наряду с обсуждением ситуации в области экономики и финансовой сферы, обязательно рассматриваются также и проблемы информационного развития различных стран и регионов мира. Для этой цели формируются международные рейтинги, характеризующие те или иные аспекты информационного развития отдельных стран. При этом учитываются не только инструментально-технологические, но также и гуманитарные аспекты информационного развития страны, в том числе – уровень информационной культуры ее населения.

Исследования показывают [1], что именно гуманитарные аспекты информационного развития общества в ближайшие годы будут оказывать все большее влияние на уровень и качество жизни населения нашей

планеты. Ведь уже сегодня проблема *информационного неравенства* рассматривается как одна из глобальных проблем развития цивилизации, которая по мере формирования глобального информационного общества будет все более обостряться [2]. Таким образом, проблема формирования информационной культуры общества, а также изучения этого стратегически важного направления развития культуры становится сегодня весьма актуальной и требует системного анализа.

В работах [3-5] показано, что информационная культура, основанная на использовании новых информационных технологий, а также электронная культура представляют собой феномены системного характера, означающие принципиально новый, революционный по своему содержанию этап развития культуры. Для его изучения необходима новая научная дисциплина – *информационная культурология*, которая в настоящее время находится еще в начальной стадии своего становления [6-8]. Формирование этой дисциплины осуществляется, главным образом, российскими учеными, которыми в 2011 г. опубликована первая научная монография, специально посвященная анализу структуры и содержания ее предметной области [7].

Понятие информационной культуры и ее основные компоненты

В настоящее время единого понимания термина «информационная культура» еще не сложилось, хотя он все более широко используется в научной литературе. Появление этого термина вначале было связано с концепцией информационного общества и развитием информационного сектора экономики в промышленно развитых странах. Однако в дальнейшем стало понятно, что становление информационного общества приводит к коренным изменениям практически всех элементов социального пространства, создает новые виды деятельности миллионов людей, формирует новые привычки и стереотипы их поведения и общения, а также новые представления об уровне и качестве жизни, пространстве и времени, а также новые ценности. При этом все эти новые элементы социального пространства и деятельности людей становятся атрибутами их повседневной жизни и профессиональной деятельности, т.е. *элементами культуры*.

В работах [6-8] сделана попытка сформулировать достаточно общее определение содержания понятия «информационная культура», которое может быть использовано для дальнейших научных исследований этого многогранного феномена развития культуры. При этом использовался метод системного подхода, который применяется, в частности, петербургским философом М.С. Каганом в его работах по теории культуры. Рассматривая культуру как подсистему в составе более общей системы – бытия (природы, общества и человека), он предложил рассматривать культуру как новую, четвертую форму бытия, порождаемую деятельностью человека [9]. При этом в составе культуры он предлагает различать следующие главные компоненты:

1. «Сверхприродные» качества человека, формируемые у него в течение жизни.
2. Многообразие предметов культуры (материальных, духовных, художественных).
3. Способы деятельности, с помощью которых люди «опредмечивают» и «распредмечивают» содержание, заложенное в продуктах их деятельности.
4. Общение как способ реализации потребности людей друг в друге.

Если принять этот подход за методологическую основу, то информационную культуру следует рассматривать как *подсистему культуры*, ее составную часть. Тогда и само определение этой подсистемы следует формулировать в соответствии тем или иным определением понятия культуры, которых в настоящее время существует очень много в зависимости от используемого подхода. Как известно, культура представляет собой сложный и многоаспектный феномен, определение которого сегодня еще не имеет общепризнанного понимания. Учитывая это, в работах [6,7] сформулировано следующее определение термина «информационная культура»:

ИНФОРМАЦИОННАЯ КУЛЬТУРА представляет собой подсистему культуры, которая формируется под воздействием процесса информатизации общества и включает в себя все многообразие результатов деятельности человека в информационной сфере общества, а также средства, виды и технологии этой деятельности.

В качестве основных компонентов информационной культуры в указанных работах предложено считать следующие:

1. *Информационные качества человека*, формируемые у него в течение жизни и профессиональной деятельности. Сюда предлагается относить такие качества человека, как информационная культура личности, информационная и компьютерная компетентность и грамотность, а также информационное миропонимание и мировоззрение.
2. *Многообразие предметов новой информационной культуры* – материальных, духовных и художественных. Это могут быть электронные книги, электронные библиотеки, музеи и картинные галереи, произведения новой экранной культуры и т.п.
3. *Новые способы деятельности человека в информационной сфере*. Сюда, в первую очередь, необходимо включить новые информационные технологии, которые создаются и используются в сфере культуры, как специалистами, так и обычными пользователями (технологии поиска информации, мультимедиа, виртуальная реальность и др.).
4. *Новые виды и формы информационных коммуникаций* в обществе, которые создают людям более широкие возможности для их развития и общения с другими людьми.

Объект и предмет исследований информационной культурологии

Приведенное выше определение информационной культуры, несмотря на его рационалистическую направленность, обусловленную связью с процессом информатизации общества, позволило системно рассмотреть основные проблемы и направления развития информационной культуры, дать адекватные этим проблемам определения *объекта и предмета культурологи*, а также провести структуризацию ее предметной области.

Объектом исследований информационной культурологии является *информационная культура* (в приведенной выше трактовке этого термина), т.е. вся совокупность тех информационных проявлений в сфере культуры, которые связаны с деятельностью человека в процессе информатизации общества, а также с усилением роли информации в развитии цивилизации.

Предметом исследований этой новой дисциплины должны стать закономерности проявления и реализации информационных процессов в сфере культуры, а также методы, средства, виды и результаты деятельности человека в области информационной культуры, связанные с использованием средств и методов информатики, информационных и коммуникационных технологий.

Основным *научным методом* информационной культурологии должен стать *информационный подход* к анализу новых направлений развития культуры, самого общества и положения в нем человека как в настоящее время, так и в обозримом будущем. Этот вывод базируется на философских представлениях об информационной природе феномена культуры, а также на результатах анализа опыта использования информационного подхода как весьма эффективного общенаучного метода исследований [10,11].

Кроме того, как показано в работах [7,12-14], для развития некоторых важных направлений информационной культуры полезными являются многие традиционные *методы информатики* (например, цифровое представление информации об объектах культуры), а также *методы и технологии виртуальной реальности*, в том числе – методы конструирования виртуальных объектов культуры [13].

Структура предметной области информационной культурологии

При структуризации предметной области информационной культурологии учитывались те основные компоненты информационной культуры, которые были выделены ранее при определении содержания этого термина, а именно:

1. *Философские основы* информационной культурологии.
2. *Информационные качества* личности, корпоративных и социальных структур, а также общества в целом, формируемые в результате развития процесса информатизации общества. Сюда относятся исследования в области информационной культуры личности, корпоративной информационной культуры, информационной культуры государственных и общественных структур, общества, а

также проблем формирования информационного миропонимания и мировоззрения.

3. *Предметы новой информационной культуры* – материальные, духовные и художественные. Это могут быть электронные книги, электронные библиотеки, архивы, музеи и картинные галереи, произведения новой экранной культуры.
4. *Новые виды, способы и технологии деятельности* человека в области информационной культуры, а также новые информационные технологии, которые создаются и используются в сфере культуры.
5. Культурологические аспекты *новых видов, форм и технологий информационных коммуникаций* в обществе.

Актуальные направления исследований

В настоящее время в области информационной культурологии выделены следующие актуальные направления исследований:

1. Информационная культура личности.
2. Информационная культура корпоративных, государственных и социальных структур.
3. Электронная культура.
4. Социально-культурологические проблемы развития сетевых структур общества и информационных коммуникаций.
5. Новые информационные технологии в сфере культуры, искусства и творчества.
6. Культурологические аспекты информационной безопасности.
7. Информационная этика.

Предложенный состав этих проблем определен исходя из следующих методологических соображений. В первую очередь выделены те направления исследований, по содержанию которых в научном сообществе уже имеются достаточно общие представления. Примерами здесь могут служить такие направления, как «Информационная культура личности» и «Электронная культура». Эти термины достаточно широко используются в научной литературе, а сами направления получили определенное отражение и в программах ЮНЕСКО в области проблем развития культуры, и в сфере образования [15-19].

Второй методологический принцип состоит в том, что выделены те направления исследований, которые являются перспективными на ближайшие годы в связи с их актуальностью и социальной значимостью, хотя в настоящее время эти исследования еще не развернуты на необходимом уровне. К ним относятся, например, «Философские основы информационной культурологии», «Культурологические аспекты информационной безопасности», «Информационная этика». Нам представляется, что именно эти направления будут в ближайшие годы стратегически важными для преодоления системного кризиса современной цивилизации.

Информационная культура личности. В состав данного

направления должны входить исследования различных аспектов формирования сравнительно нового и исключительно важного феномена развития информационной культуры, которое в последние годы получило название *информационной культуры личности*. В работе [16] показано, что содержание этого понятия еще нельзя признать окончательно устоявшимся, хотя именно оно, по мнению ведущего автора данной работы профессора Н.И. Гендиной, является наиболее перспективным в ближайшем будущем.

Соглашаясь с этой оценкой, заметим, что понятие информационной культуры может быть использовано для характеристики культурологических аспектов информационного развития человека, корпорации, социальных структур или же общества в целом. Иными словами, можно говорить об *информационной культуре личности*, *корпоративной информационной культуре* или же об *информационной культуре общества* в той или иной стране, а также об *информационной культуре цивилизации* в целом.

Отметим также, что понятие информационной культуры личности является более общим по отношению к таким понятиям, как информационная компетентность, информационная грамотность, компьютерная компетентность и компьютерная грамотность. Это замечание справедливо также и по отношению к таким понятиям, как *корпоративная информационная культура* и *информационная культура общества в целом*.

Электронная культура

Этот термин появился в научной литературе сравнительно недавно, и поэтому еще не имеет однозначного толкования. Его нет ни в специализированных словарях, ни в изданиях энциклопедического и философского характера. Впервые он начал использоваться в связи с расширением практики представления на электронных носителях информации о различных объектах культурного наследия: музейных коллекций, произведений живописи, памятников архитектуры, а также других произведений искусства [13,14,19].

Здесь важно подчеркнуть, что представление в электронной форме информации о социально значимых объектах культуры и искусства вначале рассматривалось лишь в качестве одного из способов *сохранения культурного наследия* общества для будущих поколений. Однако в дальнейшем, по мере развития информатизации общества, становилось все более понятной и другая, весьма существенная возможность социального использования электронных копий объектов культуры. Она заключается в том, что к этим копиям достаточно просто может быть обеспечен доступ удаленных пользователей, использующих современные средства телекоммуникации.

Таким образом, можно утверждать, что с развитием процесса глобальной информатизации общества и формированием электронной

культуры начинается принципиально новый этап развития культуры, значение которого трудно переоценить. Ведь теперь для широких слоев населения могут стать доступными не только те объекты культуры и искусства, которые представлены в выставочных залах музеев и картинных галерей различных стран мира, но также и те из них, которые находятся в запасниках и по разным причинам для общего обозрения не выставляются.

Тем не менее, нам представляется, что понятие «электронная культура» должно получить новое, существенно более широкое толкование. Эта необходимость обусловлена все более широким распространением в обществе электронных средств информатики, которые практически используются во многих сферах социальной практики и становятся неотъемлемой частью современной культуры. Использование этих средств существенно изменяет традиционные стереотипы поведения миллионов людей, их представления о пространстве и времени, качестве жизни, а также о структуре личного, корпоративного и национального богатства [20,21].

Учитывая изложенное, в работе [7] предложено следующие определение понятия электронной культуры:

«ЭЛЕКТРОННАЯ КУЛЬТУРА – новая область развития современной культуры общества, которая формируется на основе использования *электронных средств информатики* и связанных с ними информационных и коммуникационных технологий во всех сферах человеческой жизнедеятельности. Электронная культура является *подсистемой информационной культуры* и включает в себя средства, виды и результаты деятельности человека в данной сфере».

Из данного определения следует, что электронная культура, по мере развития информационного общества и электронных средств информатики, будет пронизывать все многообразие человеческой культуры, а не только сферу информационной культуры – в узком понимании этого термина. С методологической точки зрения, это замечание представляется нам принципиально важным.

Рассмотрим теперь вопрос о соотношении понятий информационной и электронной культуры с учетом приведенных выше определений этих понятий. Нам представляется, что эти понятия близки по своему содержанию, но не являются тождественными. Хотя их очень часто путают, даже в достаточно ответственных правительственных и международных документах. Причина здесь в том, что система терминов в данной области еще окончательно не установилась.

Различие в рассматриваемых понятиях заключается в том, что с термином «электронная культура», по нашим представлениям, должны быть связаны лишь те аспекты информационной культуры, которые имеют непосредственное отношение к применению *электронных средств* в информационной сфере общества или же к созданию, изучению и развитию этих средств в интересах культуры. В то же время, в состав

информационной культуры должны входить также и другие компоненты, которые не обязательно связаны с использованием электронных средств информатики.

Таким образом, понятие «информационная культура» обозначает более широкую область культуры по сравнению с понятием «электронная культура». В определенном смысле можно полагать, что электронная культура является лишь одной из подсистем информационной культуры. Причем, весьма важной, быстро развивающейся и поэтому заслуживающей анализа и изучения, как в системе науки, так и в системе образования.

Отметим также, что некоторые достаточно распространенные сегодня термины («электронное правительство», «электронное государство», «электронная торговля») по своей сущности в большей мере относятся к проблемной области не электронной, а информационной культуры. Ведь этими терминами сегодня обозначается совокупность информационных ресурсов и технологий, а также организационно-правовых норм, которые обеспечивают доступ населения к информации органов государственного управления. Именно этот аспект, а не его электронное представление, является наиболее существенным при решении данных проблем. Поэтому эти следует понимать не буквально, а фигурально, в их расширительном толковании, связанном с принадлежностью к предметной сфере информационной культуры. Это замечание представляется нам весьма существенным, так как адекватное понимание новых терминов необходимо для того, чтобы более четко представлять существо изучаемых новых аспектов развития культуры.

Заключение

Формирование информационного общества и широкое внедрение в жизнь информационных технологий приводит к формированию качественно нового типа культуры – *информационной культуры*, который несет с собой новый тип мышления и мировоззрения, а также деятельности и образования. Предварительные исследования показали, что информационная культура современного общества представляет собой принципиально новый феномен системного характера, который оказывает существенное влияние на уровень социально-экономического развития страны, качество жизни ее населения, национальную безопасность.

Развитие информационной культуры является необходимым условием успешного инновационного развития общества, а также решения многих актуальных и глобальных проблем современности. В то же время системные исследования феномена становления информационной культуры в условиях развития глобального информационного общества на необходимом уровне еще не проводятся. В настоящее время эта проблема изучается фрагментарно и сводится преимущественно к двум направлениям: 1. Исследованию проблем формирования информационной культуры личности (лидером здесь является Россия). 2. Изучению и разработке информационных технологий для сохранения в электронной

форме наиболее важных объектов культурного наследия (это направление наиболее активно развивается в передовых странах Запада).

Проведенные в последние годы в России исследования показали, что для решения данной комплексной гуманитарной проблемы необходим междисциплинарный подход, в основу которого должно быть положено *информационное понимание сущности феномена культуры*. Этот подход является принципиально новым, он предложен российским ученым А.Д.Урсулом, а его краткое обоснование изложено в монографии [7].

Можно ожидать, что дальнейшие исследования в области информационной культурологии позволят в ближайшие годы получить следующие научно-методологические результаты:

1. Разработать более детальную структуру предметной области *информационной культурологии* как нового междисциплинарного направления исследований проблем развития информационной культуры общества, а также содержание задач, входящих в состав этого направления.
2. Более четко определить место информационной культурологии в системе науки и ее взаимосвязи с другими научными дисциплинами.
3. Выявить перспективные направления развития информационной культуры в условиях информатизации и глобализации общества, а также системной модернизации экономики и образования.
4. Сформировать предложения по изучению проблем информационной культуры в системе высшего образования, подготовки научных и научно-педагогических кадров, а также повышения квалификации дипломированных специалистов.

Основным эффектом от практического использования указанных результатов должно стать *новое, целостное понимание сущности феномена информационной культуры*, ее роли в развитии современного общества, включая науку, образование и культуру, а также в обеспечении процессов инновационного развития, национальной и глобальной безопасности.

Литература

1. Колин К.К. Информационная глобализация общества и гуманитарная революция. //Глобализация: синергетический подход: сб. научн. тр. – М.: РАГС, 2002. – С. 323-334.
2. Колин К.К. Глобальные проблемы информатизации: информационное неравенство //Alma mater (Вестник высшей школы), № 6, 2000. – С. 27-30.
3. Колин К.К. Глобализация и культура. //Вестник Библиотечной Ассамблеи Евразии, № 1, 2004. – С. 12-15.
4. Колин К.К. Культура как объект информационной безопасности. /Синергетика, философия, культура: сб. н. тр. – М.: Изд-во РАГС, 2001. – С. 146-167.
5. Колин К.К. Информационная культура в информационном обществе. //Открытое образование, № 6, 2006. – С. 50-57.
6. Колин К.К. Колин К.К. Информационная культурология: структура и содержание предметной области новой научной дисциплины. // Вестник ЧГАКИ, 2011, № 1. – С. 7-13.
7. Колин К.К., Урсул А.Д. Информационная культурология: предмет и задачи нового научного направления. – Saarbrücken, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 249 pp.
8. Колин К.К., Урсул А.Д. Философия информации и становление информационной

- культурологии /Информация и научное мировоззрение /Сб. статей. – М.: РШБА, 2013. – С. 204-228.
9. Философия культуры. Становление и развитие. – СПб.: Изд-во «Лань», 1998. – 448 с.
 10. Колин К.К. Информационный подход как фундаментальный метод научного познания. // Межотраслевая информационная служба, № 1, 1998. – С. 3-17.
 11. Колин К.К. Информационный подход в методологии науки и научное мировоззрение //Alma mater (Вестн. высш. школы), № 1, 2000. – С. 16-22.
 12. Розин В.М. Интернет – новая информационная технология, семиозис, виртуальная среда. / Влияние Интернета на сознание и структуру знания. – М.: ИФ РАН, 2004. – С. 3-23.
 13. Вельтман К. Электронная культура: достижения и перспективы. //Информационное общество, 2002, вып.1. – С. 24-30.
 14. Электронная культура и экранное творчество. Автор сост., науч. ред. проф. К.Э. Разлогов. – М.: РИК, 2006г. – 386 с.
 15. Колин К. К. Инновационное развитие в информационном обществе и качество образования. //Открытое образование, № 3(74), 2009. – С. 63-72.
 16. Гендина Н.И., Колкова Н.И., Стародубова Г.А, Уленко Ю.В. Формирование информационной культуры личности: теоретическое обоснование и моделирование содержания учебной дисциплины. – М., Межрегиональный центр библиотечного сотрудничества, 2006. – 512 с.
 17. Информационная грамотность: международные перспективы /под ред. Х. Лау. Пер. с англ. – М.: МЦБС, 2010. – 240 с
 18. Шлыкова О.В. Электронная культура: дефиниции и тенденции развития. //Электронная культура: трансляция в социокультурной и образовательной среде. М.: МГУКИ, 2009. – С. 26-29.
 19. Алексеев А.Ю. Исследования искусственного интеллекта – главный фактор развития электронной культуры. //Электронная культура: трансляция в социокультурной и образовательной среде. – М.: МГУКИ, 2009. – С. 30-36.
 20. Тоффлер Э. Революционное богатство. – М.: 2008. – 569 с.
 21. Колин К. К. Качество жизни в информационном обществе. //Человек и труд, № 1, 2010. – С. 39-43.

**Костогрызов А.И. ¹, Нистратов Г.А. ², Нистратов А.А. ³, Довбня А.Б. ⁴,
Тимченко А.Н. ⁵**

¹ ИПИ РАН, НИИ прикладной математики и сертификации, дтн, профессор,
Akostogr@gmail.com

² НИИ прикладной математики и сертификации, ктн, george.icie@gmail.com

³ НИИ прикладной математики и сертификации, ктн, Andrey.Nistratov@gmail.com

⁴ ООО «Газпром нефть шельф», dovbnyaab@mail.ru

⁵ Сибирская угольная энергетическая компания, TimchenkoAN@suek.ru

Стандарты, методы и технологии системной инженерии

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Анализ, безопасность, качество, риск, системная инженерия, управление, функционирование.

АННОТАЦИЯ:

Представлены направления приложения и развития современной системной инженерии. На основе рационального использования стандартов, предложенных моделей, методов, поддерживающих их программно-инструментальных комплексов и инновационных технологий предложен инновационный подход к управлению качеством и рисками, заключающийся в переходе от прагматической фильтрации информации к генерации обоснованных идей и эффективных решений. В итоге ожидается целенаправленное существенное повышение качества и безопасности, снижение или удержание на допустимом уровне рисков и/или снижение затрат (в т.ч. непроизводительных) на создание и эксплуатацию систем различной области приложения.

Сегодня эффективные решения и, как следствие, высокий уровень качества и безопасности бизнес-систем различного приложения во многом связаны с рациональным применением стандартов. Действующие на практике стандарты лишь отражают суть научно-технических достижений, фиксируя де-юре те требования и рекомендации, выполнение которых может способствовать совершенствованию систем. К настоящему времени в мире уже не один год действуют стандарты для систем любой области приложения – это набравший популярность ISO 9001 (требования к системе менеджмента качества), ISO/IEC 15288 (первый стандарт по системной инженерии, регламентирует процессы жизненного цикла систем), существенно повлиявшие на последующее развитие стандартизации, а также стандарты ISO серий 14000 (менеджмент экологической безопасности), 18000 (менеджмент охраны труда), 20000 (сервис-менеджмент), 27000 (менеджмент информационной безопасности), 31000

(менеджмент риска) и др. Стремление научно-технического сообщества и предпринимателей к целостному решению проблем стандартизации на уровне систем в их жизненном цикле (а не отдельных составных компонентов или процессов) реализуется с помощью недавно созданного подкомитета «Системная и программная инженерия» (SC7 JTC1 ISO/IEC) объединенного комитета JTC1 «Информационные технологии».

На практике у каждого из заказчиков, разработчиков, производителей и пользователей неизбежно возникают принципиальные системные вопросы. Например: «Как достичь уровня международных стандартов?»; «Выполнимы ли задаваемые требования?»; «Каковы возможные ущербы?»; «Какой сделать выбор с учетом возможных рисков, затрат и ожидаемого результата?»; «Какие меры более эффективны?», понимая, что критерием может выступать либо максимум качества или безопасности при ограничениях на затраты, либо минимум затрат (ущерба) при соответствующих ограничениях, либо их комбинация. Ответы на все эти вопросы достигаются на основе **системной инженерии**, суть которой – в сосредоточении научно-технических усилий в направлениях, обеспечивающих рациональное построение современных систем и эффективное их использование. Это – классический подход. Для реализации необходимо понять суть основных системных изменений последнего времени. По крупному она состоит:

- в разработке и внедрении основ системной инженерии в различные сферы человеческой деятельности;
- в широком применении и развитии «процессного подхода», реализуемого на уровне стандартов;
- в достижении эффектов, напрямую зависящих от возможностей и уязвимостей применяемых информационных технологий (ИТ) и систем;
- в объективных потребностях моделирования процессов и систем на всех стадиях жизненного цикла.

Сегодня на отечественном и международном рынках образовалась вполне самостоятельная ниша по виртуальному анализу качества и рисков - см. рис. 1. Эта рыночная ниша четко обозначена, но еще не занята в силу интеллектуальной сложности создания универсальных и в то же время адекватных моделей. Разрозненные работы в этом направлении активно ведутся в различных странах - в США, Великобритании, Германии и др. Основным направлением на Западе является создание полунатурных моделей (по словам самих же западных специалистов, из-за неудач в создании чисто математических моделей). Но разработка и применение полунатурных моделей весьма дороги, они требуют больших временных и материальных затрат и не позволяют быстро выявить тенденции для различных сценариев создания и эксплуатации систем. Действительно, большая часть стандартов и сейчас не сопровождается адекватными математическими моделями для решения универсальных задач анализа и синтеза, свойственным для любого рода систем независимо от области

приложения.

Несовершенство сложных систем связано с объективным наличием рисков, для оценки которых старые методы, основанные лишь на принципе измерений, оказываются недостаточными. Налицо - противоречие между потребностями в различного рода оценках и прогнозах и возможностями в познании развития объективно протекающих случайных процессов. Осознание логики системных изменений и адекватная реакция на них приводят к необходимости сравнительного анализа проблем в различных областях приложений. В результате проведенного анализа правовых и нормативно-методических документов, а также практических способов решения проблем промышленной, пожарной, радиационной, ядерной, химической, биологической, транспортной, экологической и информационной безопасности, безопасности зданий и сооружений, в т.ч. в условиях террористических угроз авторами сделаны следующие выводы [1-6].

Вывод 1. В жизненном цикле остаточный системный риск будет иметь место всегда. На уровне законодательных и нормативно-методических документов для обеспечения безопасности объективно востребованы определение, анализ и контроль рисков с принятием управляющих воздействий для поддержания целостности (см. рис. 2).



Рис. 1 Иллюстрация сути системных изменений

Вывод 2. Для приложений, в которых уже были многочисленные факты трагедий с гибелью людей - в сфере промышленной, пожарной, радиационной, ядерной, авиационной безопасности - требования к допустимым рискам выражены количественно, как правило, на

вероятностном уровне, и качественно на уровне необходимых требований к исходным материалам, используемым ресурсам, технологиям и начальным состояниям, условиям эксплуатации. Представляется, что на базе единого методического аппарата и накопленного опыта уровень допустимых рисков целесообразно обосновывать и устанавливать дифференцированно по объектам, исходя из «прецедентного принципа» с учетом коммерческого интереса, затрат и потенциальных ущербов. Для этого необходим методический аппарат, позволяющий оценивать не только по факту, но и прогнозировать риски в зависимости от технологий сбора информации, контроля, мониторинга и принимаемых мер противодействия рискам и восстановления целостности. Такой подход на основе математического моделирования протекающих процессов и прогнозирования рисков позволит управлять безопасностью в режиме обоснованного упреждения.

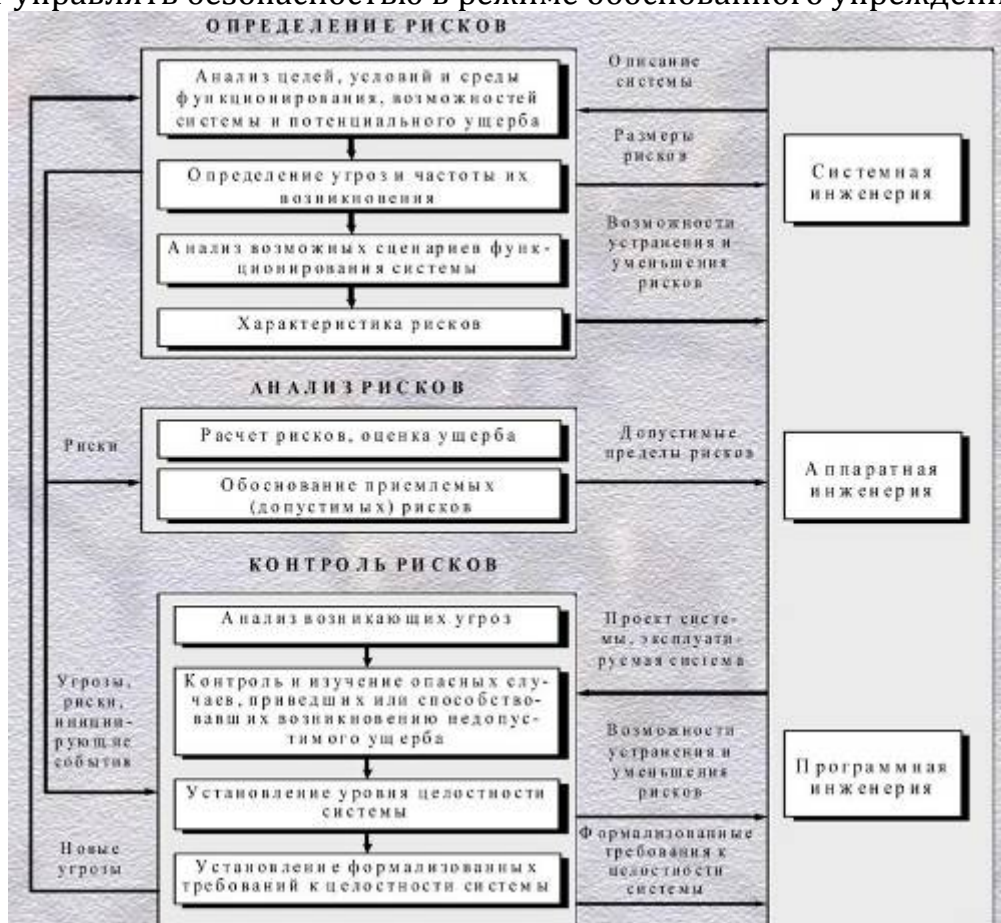


Рис. 2 Определение, анализ и контроль рисков

Вывод 3. Для иных приложений - в сфере химической, биологической, транспортной, экологической безопасности, безопасности зданий и сооружений, информационной безопасности, в т.ч. в условиях террористических угроз – требования к допустимым рискам задаются преимущественно на качественном уровне в форме требований к выполнению конкретных условий. Это означает невозможность корректного на сегодня решения обратных задач обоснованного

управления безопасностью исходя из задаваемого уровня допустимого риска.

Вывод 4. Для любого рода систем упреждающие меры противодействия угрозам должны иметь количественное обоснование с указанием допустимых рисков по прецедентному принципу. Для определения уровня допустимых рисков до получения убедительной статистики имеет смысл использовать прецеденты в других приложениях (например, из сфер промышленной, пожарной, радиационной, ядерной, авиационной безопасности). В этих целях важен систематический сбор информации по нарушениям безопасности, их анализ, прогноз рисков и подготовка общих рекомендаций на уровне централизованных интеллектуальных баз знаний.

Вывод 5. Для минимизации рисков или их удержания в допустимых пределах при ограничениях на затраты должно быть осуществлено:

а) изначальное использование исходных ресурсов и защитных технологий с более лучшими характеристиками с точки зрения безопасности и восстановления целостности;

б) рациональное применение адекватной системы ситуационного анализа потенциально опасных событий, эффективных способов контроля и мониторинга состояний и оперативного восстановления целостности;

в) рациональное построение и применение комплекса мер (преград) по противодействию рискам и функционированию систем при реализации различного рода угроз.

Примером применения современных подходов системной инженерии может служить формирование схемы типовых угроз информационной безопасности и мер по противодействию рискам согласно действующим правовым и нормативным документам – рис. 3.

Другим примером применения системной инженерии может служить систематизация процессов для обеспечения противоаварийной устойчивости предприятий (нового направления для бизнес-систем).

Примечание. Под обеспечением противоаварийной устойчивости предприятий понимается системный подход к оценке и анализу рисков, обоснованию приемлемых рисков (уровней толерантности), принятию технических решений и реализации практических мер по предупреждению негативных воздействий дестабилизирующих факторов, предотвращению появления аварийных ситуаций и локализации их развития в начальный период возникновения, ликвидации последствий аварий и катастроф и обеспечению восстановления нарушенного производства в короткие сроки в целях предотвращения или ограничения угрозы жизни и здоровью персонала, проживающего вблизи населения, а также снижения экономических потерь и материального ущерба предприятия.



Рис.3. Типовые угрозы информационной безопасности и меры по противодействию рискам

Сначала выделяются критичные объекты и процессы. Так, основными критичными объектами для управления рисками в интересах угольных компаний могут быть признаны:

- предприятия, производящие добычу угля подземным способом, и их составные подсистемы, в первую очередь система вентиляции шахты, системы противопожарной защиты и пожарно-оросительного водоснабжения, система водоотлива и водоотведения, конвейерный транспорт, вспомогательный транспорт, система электроснабжения, системы аспирации и пылеподавления, системы обеспечения гражданской обороны;
- предприятия, производящие добычу угля открытым способом и их составные подсистемы, в первую очередь системы противопожарной защиты система водоотлива и водоотведения объекты и система организации производства буро-взрывные работы, автомобильный и железнодорожный транспорт и др.;
- обогатительные фабрики и их составные подсистемы;
- угольные терминалы и порты и их составные подсистемы;
- предприятия, осуществляющие **транспортировку угля**;
- предприятия, осуществляющие **производство** и поставку электрической энергии (ТГК);

- предприятия, осуществляющие **сервисные услуги (монтаж, ремонт, модернизацию оборудования и др.)**.

Основными критичными процессами, подлежащими анализу, являются производственные (в т.ч. технологические), информационные и транспортные процессы.

Угрозы критичным объектам и процессам проявляются со стороны дестабилизирующих факторов, представляющих собой потенциальную угрозу стабильному функционированию предприятий. Дестабилизирующие факторы подразделяются на факторы, зависящие и не зависящие от производственной деятельности.

В свою очередь, дестабилизирующие факторы, зависящие от производственной деятельности, подразделяются на «человеческие факторы», факторы, определяемые состоянием основных фондов, организационно-производственные факторы.

Дестабилизация в устойчивом функционировании предприятия является следствием наличия уязвимостей на предприятии и проявляется в реализации угроз возникновения аварийных ситуаций. Концептуальная схема зарождения и развитие аварийных ситуаций и мер противоаварийной устойчивости угольных предприятий, построенная на основе системной инженерии, иллюстративно отражены на рис. 4.

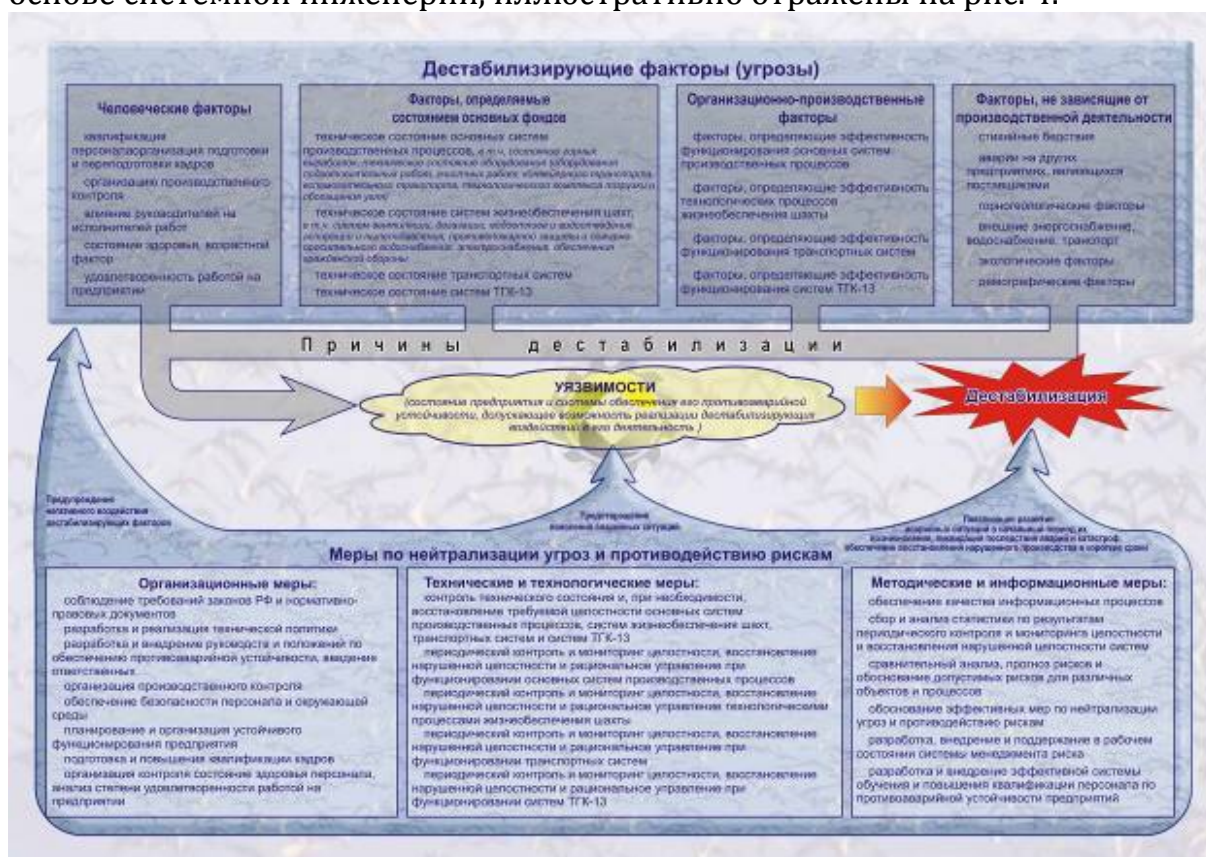


Рис. 4. Зарождение и развитие аварийных ситуаций и меры противоаварийной устойчивости предприятий

Эффективность методов и мер системной инженерии должно подтверждаться количественными прогнозными расчетами качества и рисков в сравнении с допустимыми уровнями. В итоге существенно возрастает роль моделирования, и в первую очередь, математического моделирования, как наиболее объективного гаранта всесторонней оценки и прогнозирования рисков и качества создаваемой системы с учетом возможных прибылей и ущербов. В результате адекватного моделирования углубляются и расширяются знания о системе, эти знания позволяют заказчику аргументированно сформулировать требования технического задания (ТЗ), разработчику – рационально их выполнить без излишних затрат ресурсов, а пользователю – максимально эффективно реализовать на практике заложенный потенциал системы. Наконец, немаловажным является вопрос возмещения возможных ущербов вследствие невыполнения в срок множества работ или некачественного функционирования системы. Все это достигается путем эффективного управления качеством и рисками на основе использования результатов моделирования. Но сегодня уже мало предложить умные формулы, эти формулы должны быть воплощены на уровне программных инструментариев и позволять получение быстрых ответов.

Одну и ту же задачу можно решить правильными методами и получить верные, но разные ответы (достаточно обратиться к парадоксам Бертрана, 1889г.). В [1-2] применительно к системным процессам любой области приложения предлагаются формулировки требований, математические модели и методы оценки выполнения требований, а также поддерживающие их программно-инструментальные комплексы для эффективного управления качеством и рисками. Слабо альтернативными для предлагаемых в инструментариев по отдельным аспектам можно рассматривать программные комплексы по управлению бизнес-процессами фирм: SAS Institute, PLANTA Proectmanagement (Германия), DHC Dr. Herterich&Consultants (Германия), HINTTECH (Голландия), Risk Management&Safety Systems (Австралия), VTT Technical Research Centre of Finland, CIM College d.o.o (Сербия) . Это - по подборке на основе анализа отдаленных аналогов на Международной выставке информационных технологий CeBIT с 2006г., сделанных в Германии авторами. Общим методологическим недостатком перечисленных комплексов зарубежных фирм в области сравнения является субъективное назначение экспертами уровней качества и рисков (т.е. того, что должно оцениваться на основе математического моделирования и представляет собой основу эффективного управления) и использование набранной статистики для получения оценок постфактум с объяснением полученных ранее эффектов без глубокого научно- методического прогнозирования в развитии событий для различных сценариев угроз и условий функционирования систем. Отсутствие фундаментальных вероятностных методов не может не породить сомнений в корректности предсказания рисков в поведении

систем. При весьма эффектно наглядном представлении научная оценка уровня зарубежных экспозиций в части анализа рисков и качества оставляет желать лучшего. Те же причины заставляют более критично отнестись к следующим программным комплексам, предлагаемым на рынке: системе Expert Business Impact Analysis System компании Decision Support Systems, содержащей базу данных глобальных угроз и методик оценок уязвимости и на этой основе представляющей рекомендации по выбору стратегий защиты; системе BIA Professional компании Strohl Systems, являющейся инструментом причинно-следственного анализа; системе Internal Operations Risk Analysis компании Foundation Software и системе Controls компании Price Waterhouse, позволяющем провести оценку рисков и внутренней системы контроля предприятия (сильные и слабые стороны) в различных показателях на основе обработки ответов на сотни вопросов. Их суть – в проверке выполнения условий, признаваемых обязательными. Назначение рисков – на основе ответов о выполнении этих условий (выполнено – риск меньше, не выполнено – риск повышается). Вроде логично, но далеко не адекватно реалиям.

Дело в том, что на практике подавляющее большинство системных процессов по сути представляют собой случайные процессы, для оценки их характеристик нужны многочисленные эксперименты, проведение которых весьма проблематично. Сегодня нормой системного мышления признается использование понятия «допустимого» или «приемлемого» риска. Но без его формального определения и указания методов количественной оценки это понятие будет вырождаться в «комментаторский штамп». Его начинают использовать для обозначения опасности предшествующих событий – мол, авария случилась, т.к. риск был недопустимо высок. По выражению - правильно, но за словом «допустимый» зачастую нет глубокого содержания, осознание которого позволило бы решать обратные задачи - задачи обоснования мер для предотвращения недопустимого развития угроз без излишних затрат. «Системщики» должны оперировать реальными цифрами, в т.ч. риском неудачи, ожидаемым материальным ущербом, человеческими или другими потерями (см, например, «Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»).

Предложенные в [1,2] модели и методы, доведенные до уровня программной реализации, призваны пополнить небогатое множество существующих инструментариев, используемых для управления качеством и рисками на основе теории случайных процессов. Модели базируются на использовании методов системного анализа, исследования операций, теорий вероятности и регенерирующих процессов. Их применение в зависимости от количественных системных характеристик процессов позволяет заказчикам, разработчикам и пользователям систем оперативно вычислять вероятности успеха, риски неудач и связанные с этим прибыль и потери, в т.ч. в стоимостном выражении. Применение моделей

обеспечивает аргументированное решение на всех этапах жизненного цикла следующих научно-технических задач: оценки рыночной перспективности создаваемых систем и возможностей поставщиков, организации эффективных систем менеджмента качества на предприятиях; обоснования системотехнического облика и количественных требований технического задания к характеристикам систем, технологиям их создания и функционирования, к квалификации разработчиков и пользователей; оценки выполнимости требований заказчика и степени их удовлетворенности по мере развития проекта и в процессе функционирования систем, оценки и обоснования технических решений по проектированию, анализа и снижения рисков при управлении проектами; исследования вопросов защищенности систем от потенциальных угроз безопасности, выявления «узких мест» и уязвимостей систем и рациональных путей их устранения с указанием условий, когда это принципиально возможно; оценки качества систем и обоснования условий их эффективной эксплуатации и др. – см. рис. 5.



Рис. 5. Предлагаемые математические модели и инструментarii системной инженерии [1,2]

Предлагаемые инструментально-моделирующие комплексы поддерживают положения стандартов ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 «Системная инженерия – Процессы жизненного цикла систем», ГОСТ Р ИСО 9001 «Системы менеджмента качества. Требования», ISO/IEC 31000

«Менеджмент риска. Принципы и руководства», ISO 13407 «Человекоориентированный процесс проектирования для интерактивных систем», ISO/IEC 15443 «ИТ – Методики обеспечения безопасности – Основы обеспечения безопасности информационных технологий», ГОСТ 34.602 «ТЗ на создание автоматизированной системы», ГОСТ РВ 51987 «ИТ. КСАС. Требования и показатели качества функционирования информационных систем. Общие положения» и др.

Сегодня мало иметь математические модели, важно предоставить услугу во время и «под ключ». С декабря 2006г. компанией IDC пропагандируется сервисная концепция IaaS (Information-as-a-Service – «информация как услуга») как составная часть глобальной пропагандистской кампании Information on Demand («информация по запросу»), проводимой IBM и подхваченной другими компаниями. Предлагаемое ниже, находясь в гармонии с концепцией IaaS, позволяет идти дальше, а именно: на базе аналитической обработки собираемой информации и результатов моделирования (например, с использованием авторских моделей [1,2]) получать на выходе генерируемые знания в виде обоснованных идей и эффективных решений. Тем самым виртуальное математическое моделирование через Интернет превращается в мощный и на несколько порядков более дешевый механизм решения задач, отличающийся наукоемкостью, понятностью и доступностью. Понятность обеспечивается приданием вероятностного смысла результатам моделирования при изменении исходных данных (на уровне «вероятности успеха» или «риска неудачи»), а также использованием наработанных шаблонов к анализу и интерпретации результатов моделирования. Доступность гарантируется за счет использования Интернет, где инструментарии, реализующие математические модели, должны подключаться на доверенном компьютере в автоматическом режиме по запросам пользователей сети, где бы эти пользователи не располагались - в России или за рубежом. Сравнительная дешевизна достигается тем, что пользователю через Интернет предлагаются не дорогостоящие программные средства, а результаты моделирования в виде аналитического отчета объемом 50-70 листов в электронном виде, формируемом в автоматическом режиме. Отчет включает постановку задачи в понятных терминах, описание применяемой модели, выполнение сложных моделирующих расчетов, всесторонний анализ поведения системы по показателям качества и рисков в многочисленных сценарных условиях, отличающихся от заданных в диапазоне -50%+100%, выбор наиболее рациональных вариантов построения и функционирования системы, перечень стандартизованных терминов-определений.

В итоге выполнимы следующие научно-практические задачи (см. рис. 6):

- организации и специалисты получают возможность эффективного управления качеством и рисками в соответствии с требованиями

- международных стандартов;
- доступ и оперативная оценка качества и рисков возможны не только для пользователей, но и для программ, встроенных в промышленные технологии и бизнес-процессы;
- возможно применение в учебном процессе.



Рис. 6. Суть предлагаемой Интернет-технологии для обеспечения доступности современных методов системной инженерии

В итоге для развития современной системной инженерии сформировался облик предлагаемого инновационного подхода к управлению качеством и рисками. **Традиционные подходы** состоят по сути в прагматической фильтрации информации. В своих решениях лицо, принимающее решение (ЛПР), руководствуется в первую очередь опытом и знаниями своими и тех лиц команды, которым доверяет. Интуитивно формируя идеи, которые кажутся правильными, ЛПР выбирает лишь ту информацию, которая подтверждает правильность идеи. Опровергающая информация чаще игнорируется, реже – приводит к изменению начальной идеи. И это не из-за того, что ЛПР пытается выделиться, а лишь из-за того, что за отведенное время при отсутствии или ограниченности возможностей используемых моделей трудно исследовать по единым критериям сразу несколько идей. Предлагаемый **инновационный подход** к управлению качеством и рисками – это сначала обоснование системных требований, способных привести к успеху. Далее, исходя из этих требований у ЛПР развязаны руки и появляются возможности для **генерации**

обоснованных идей и эффективных решений на основе предлагаемых методов, моделей и программно-инструментальных комплексов, физически понятных и обеспечивающих оперативную оценку, прогнозирование и оптимизацию частных и интегральных показателей в жизненном цикле систем - см., например, классическая постановка оптимизационных задач на рис. 7.



Рис. 7. Постановки задач управления качеством, расчет показателей – на основе моделирования процессов

Смысл применения на практике предлагаемых постановок в следующем – за счет упреждающего выбора рациональных значений управляемых параметров анализируемых сценариев и реализуемых мер упреждения и реакции: избежать излишних затрат при приемлемом качестве на этапах концепции и ТЗ, проектирования и разработки, производства и сопровождения системы; максимизировать возможное качество и безопасность в процессе эксплуатации системы при заданных ограничениях.

Предлагаемая укрупненная схема решения задач рационального управления качеством и рисками представлена на рис. 8. Рациональность заключается в постоянном решении в жизненном цикле систем оптимизационных задач. Полезность в том, что за счет доступности инструментариев и быстроты расчетов системный аналитик сможет иметь непрерывное представление о текущих и прогнозируемых уровнях качества и рисков. Это приблизительно то же, если человек с позиции различных количественных критериев в деталях заранее знает степень

успешности и рискованности предстоящих событий и эффективность действий, которые могут быть предприняты в упреждающем режиме. Суть предложенного инновационного подхода к управлению качеством и рисками - в предоставлении ЛПР аналитических возможностей перехода от прагматической фильтрации информации к генерации обоснованных идей и эффективных решений в жизненном цикле систем [1, 2].

В заключение необходимо подчеркнуть достижимый прагматический эффект от использования современных стандартов, моделей и методов системной инженерии. За счет рационального использования стандартов, предлагаемых моделей, методов, поддерживающих их программно-инструментальных комплексов и инновационных технологий ожидается целенаправленное существенное повышение качества и безопасности, снижение или удержание на допустимом уровне рисков и/или снижение затрат (в т.ч. непроизводительных) на создание и эксплуатацию систем различной области приложения. Эффект от внедрения соизмерим с затратами на создание самих систем.

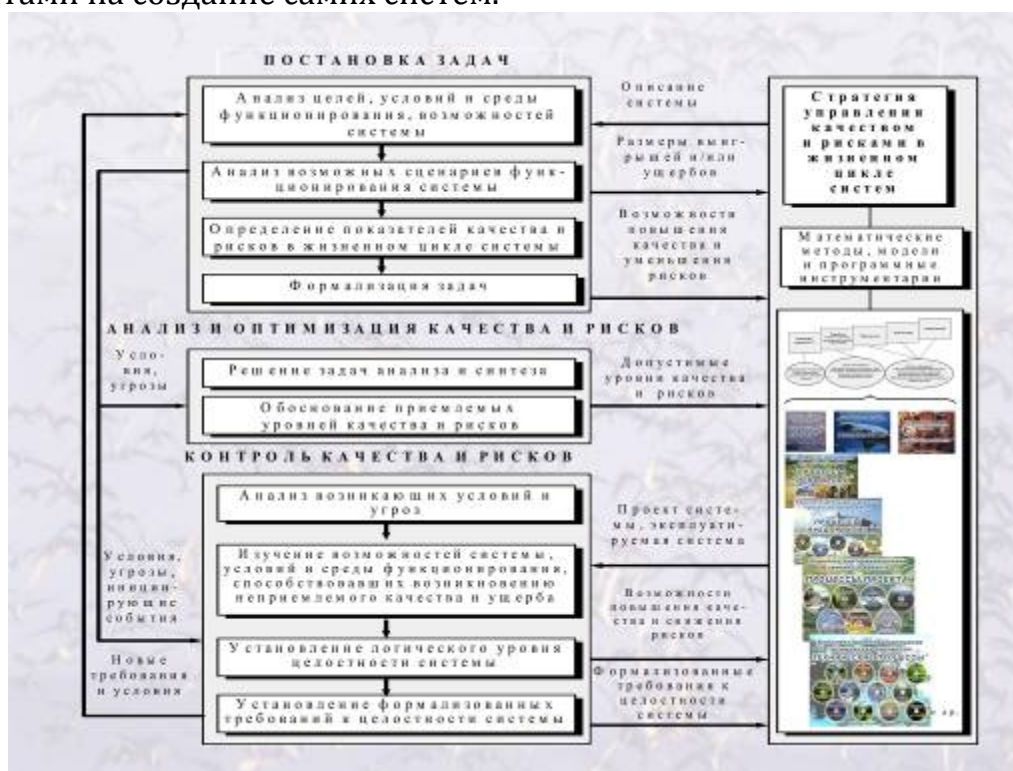


Рис. 8 Схема решения задач рационального управления качеством и рисками

Литература

1. Костогрызov А.И., Нистратов Г.А. Стандартизация, математическое моделирование, рациональное управление и сертификация в области системной и программной инженерии. М. Изд."Вооружение, политика, конверсия", 2004, 2-е изд.-2005.- 395с.
2. Костогрызov А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем – М.: ВПК, 2008. – 404с.
3. Григорьев Л.И., Кершенбаум В.Я., Костогрызov А.И. Системные основы управления конкурентоспособностью в нефтегазовом комплексе – М.:НИНГ, 2010, 374с.
4. Andrey Kostogryzov, Andrey Nistratov, George Nistratov SOME APPLICABLE METHODS TO

ANALYZE AND OPTIMIZE SYSTEM PROCESSES IN QUALITY MANAGEMENT // InTech, 2012, ISBN979-953-307-778-8, 2012, pp. 127-196. <http://www.intechopen.com/books/total-quality-management-and-six-sigma/some-applicable-methods-to-analyze-and-optimize-system-processes-in-quality-management>

5. Grigoriev L., Kostogryzov A., Krylov V., Nistratov A., Nistratov G. Prediction and optimization of system quality and risks on the base of modelling processes. American Journal of Operation Researches, Special Issue, Volume 1, 2013, pp. 217-244. <http://www.scirp.org/journal/ajor/>
6. Andrey Kostogryzov, Andrey Nistratov, George Nistratov The Innovative Probability Models and Software Technologies of Risks Prediction for Systems Operating in Various Fields. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 3, Issue 3, September 2013, pp. 146-155. <http://www.ijeit.com/archive.php>

Приложение. Стандарты по системной и программной инженерии, принятые за период 2003-2013гг.

2013

[ISO/IEC 15504-6:2013](#)

ИТ. Оценка процессов. Часть 6. Пример модели оценки процессов жизненного цикла системы

[ISO/IEC 15940:2013](#)

Системная и программная инженерия. Службы средств поддержки программных разработок

[ISO/IEC 25064:2013](#)

Системная и программная инженерия. Оценка и требования к качеству систем и программного продукта (SQuaRE). Общий промышленный стандарт (CIF) для практичности. Отчет потребностей пользователя

[ISO/IEC 26550:2013](#)

Системная и программная инженерия. Эталонная модель для инженерии и менеджмента линейки продуктов

[ISO/IEC 26555:2013](#)

Системная и программная инженерия. Инструменты и методы для технического управления линейкой продуктов

[ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013](#)

Системная и программная инженерия. Тестирование программ. Часть 1: Концепции и определения

[ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013](#)

Системная и программная инженерия. Тестирование программ. Часть 2: Процессы тестирования

[ISO/IEC/IEEE 29119-3:2013](#)

Системная и программная инженерия. Тестирование программ. Часть 3: Тестовая документация

[ISO/IEC TR 29154:2013](#)

Программная инженерия. Руководство по применению ISO/IEC 24773:2008 (Сертификация профессионалов программной инженерии. Основы сравнения)

2012

[ISO/IEC 14143-6:2012](#)

ИТ. Измерение программного обеспечения. Измерение функционального размера. Часть 6. Руководство по использованию стандартов серии ISO/IEC 14143 и связанных с ними международных стандартов

[ISO/IEC TR 15026-1:2010/Cor 1:2012](#)

Системная и программная инженерия. Обеспечение целостности систем и программного обеспечения. Часть 1. Понятия и словарь. Техническая поправка 1

[ISO/IEC 15026-4:2012](#)

Системная и программная инженерия. Обеспечение целостности систем и программного обеспечения. Часть 4. Обеспечения в контексте жизненного цикла

[ISO/IEC 15504-5:2012](#)

ИТ. Оценка процессов. Часть 5. Пример модели оценки процесса

[ISO/IEC TS 15504-8:2012](#)

ИТ. Оценка процессов. Часть 8. Модель образца оценки процесса для управления услугами ИТ

[ISO/IEC 19500-1:2012](#)

ИТ. Группа управления объектами. Общая архитектура брокера запросов к объекту (CORBA). Часть 1. Интерфейсы

[ISO/IEC 19500-2:2012](#)

ИТ. Группа управления объектами. Общая архитектура брокера запросов к объекту (CORBA). Часть 2. Возможность взаимодействия
[ISO/IEC 19500-3:2012](#)

ИТ. Группа управления объектами. Общая архитектура брокера запросов к объекту (CORBA). Часть 3. Компоненты
[ISO/IEC 19505-1:2012](#)

ИТ. Унифицированный язык моделирования группы по управлению объектами (OMG UML). Часть 1. Инфраструктура
[ISO/IEC 19505-2:2012](#)

ИТ. Унифицированный язык моделирования группы по управлению объектами (OMG UML). Часть 2. Надструктура
[ISO/IEC 19506:2012](#)

ИТ. Модернизация, управляемая от архитектуры группы по управлению объектами (ADM).
Метамодель обнаружения знаний (ADM)
[ISO/IEC 19507:2012](#)

ИТ. Язык ограничений группы по управлению объектами (OCL)
[ISO/IEC 19770-1:2012](#)

ИТ. Менеджмент активов программного обеспечения. Часть 1. Процессы и попарная оценка соответствия
[ISO/IEC 20000-2:2012](#)

Информационная технология. Менеджмент услуг. Часть 2. Руководство по применению систем менеджмента услуг
[ISO/IEC 20000-3:2012](#)

ИТ. Менеджмент услуг. Часть 3. Руководство по определению области применения и применимости ISO/IEC 20000-1
[ISO/IEC 25021:2012](#)

Системная и программная инженерия. Оценка и требования к качеству систем и программного продукта (SQuaRE). Элементы показателя качества
[ISO/IEC 25041:2012](#)

Системная и программная инженерия. Оценка и требования к качеству систем и программного продукта (SQuaRE). Руководство по оцениванию для разработчиков, покупателей и независимых оценщиков
[ISO/IEC 26551:2012](#)

Системная и программная инженерия. Средства и методы для выработки требований к линейке продуктов
[ISO/IEC TR 29110-5-1-1:2012](#)

Программная инженерия. Профили жизненного цикла очень маленьких объектов. Часть 5-1-1. Руководство по менеджменту и разработке руководств. Общая группа профилей. Профиль ввода
[ISO/IEC/IEEE 31320-1:2012](#)

ИТ. Языки моделирования. Часть 1. Синтаксис и семантика для IDEF0
[ISO/IEC/IEEE 31320-2:2012](#)

ИТ. Языки моделирования. Часть 2. Синтаксис и семантика для IDEF1X97
2011
[ISO/IEC 14143-1:2007/Cor 1:2011](#)

ИТ. Оценка программного обеспечения. Измерение функционального размера. Часть 1. Определение понятий. Техническая поправка 1
[ISO/IEC 15026-2:2011](#)

Системная и программная инженерия. Обеспечение целостности систем и программного обеспечения. Часть 2. Обоснование гарантии
[ISO/IEC 15026-3:2011](#)

Системная и программная инженерия. Обеспечение целостности систем и программного обеспечения. Часть 3. Уровни целостности системы
[ISO/IEC/IEEE 15289:2011](#)

Системная и программная инженерия. Содержание информационных продуктов процесса жизненного цикла систем и программного обеспечения (документация)
[ISO/IEC TS 15504-9:2011](#)

ИТ. Оценка процессов. Часть 9. Профили целевого процесса

[ISO/IEC TS 15504-10:2011](#)
ИТ. Оценка процессов. Часть 10. Расширение безопасности

[ISO/IEC 15909-2:2011](#)
Системная и программная инженерия. Сети Петри высокого уровня. Часть 2. Формат передачи

[ISO/IEC 19761:2011](#)
Программная инженерия. COSMIC: Метод измерения функционального размера

[ISO/IEC 20000-1:2011](#)
ИТ. Менеджмент услуг. Часть 1. Требования к системе менеджмента услуг

[ISO/IEC TR 24748-2:2011](#)
Системная и программная инженерия. Менеджмент жизненного цикла. Часть 2 Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла системы)

[ISO/IEC TR 24748-3:2011](#)
Системная и программная инженерия. Менеджмент жизненного цикла. Часть 3. Руководство по применению ISO/IEC 12207 (Процессы жизненного цикла программного обеспечения)

[ISO/IEC 25010:2011](#)
Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Модели качества систем и программного обеспечения

[ISO/IEC 25040:2011](#)
Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Процесс оценки

[ISO/IEC/IEEE 26511:2011](#)
Системная и программная инженерия. Требования к управляющим документацией для пользователя

[ISO/IEC/IEEE 26512:2011](#)
Системная и программная инженерия. Требования к закупщикам и поставщикам документации для пользователей

[ISO/IEC/IEEE 26515:2011](#)
Системная и программная инженерия. Разработка документации для пользователей в изменяемой среде

[ISO/IEC TR 29110-1:2011](#)
Программная инженерия. Профили жизненного цикла для очень малых предприятий (VSEs). Часть 1. Обзор

[ISO/IEC 29110-2:2011](#)
Программная инженерия. Профили жизненного цикла для очень малых предприятий (VSEs). Часть 2. Структура и таксономия

[ISO/IEC TR 29110-3:2011](#)
Программная инженерия. Профили жизненного цикла для очень малых предприятий (VSEs). Часть 3. Руководство по оценке

[ISO/IEC 29110-4-1:2011](#)
Программная инженерия. Профили жизненного цикла для очень малых предприятий (VSEs). Часть 4-1. Спецификации профилей. Группа общего профиля

[ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2011](#)
Программная инженерия. Профили жизненного цикла для очень малых предприятий. Часть 5-1-2. Руководство по управлению и проектированию. Общая группа профилей. Базовый профиль

[ISO/IEC/IEEE 29148:2011](#)
Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла. Разработка требований

[ISO/IEC 29155-1:2011](#)
Системная и программная инженерия. Схема проведения сопоставительных (оценочных) испытаний характеристик проектов в области информационных испытаний.
Часть 1. Понятия и определения

[ISO/IEC/IEEE 42010:2011](#)
Системная и программная инженерия. Описание архитектуры

2010
[ISO/IEC TR 15026-1:2010](#)
Системная и программная инженерия. Обеспечение целостности систем и программного обеспечения. Часть 1. Понятия и словарь

[ISO/IEC 15909-1:2004/Amd 1:2010](#)

Системная и программная инженерия. Сети Петри высокого уровня. Часть 1. Понятия, определения и графические обозначения. Изменение 1. Симметричные сети
[ISO/IEC TR 18018:2010](#)

Информационная технология. Системная и программная инженерия. Руководство по возможностям управления конфигурацией
[ISO/IEC 19793:2008/Cor 1:2010](#)

ИТ. Открытая распределенная обработка. Использование Унифицированного Языка Моделирования для спецификаций систем распределенной обработки. Техническая поправка 1
[ISO/IEC TR 20000-4:2010](#)

ИТ. Менеджмент услуг. Часть 4. Стандартная модель процесса
[ISO/IEC TR 20000-5:2010](#)

ИТ. Менеджмент услуг. Часть 5. Примерный план реализации ISO/IEC 20000-1
[ISO/IEC 24744:2007/Amd 1:2010](#)

Программная инженерия. Мета модель для методик разработки. Изменение 1. Нотация
[ISO/IEC TR 24748-1:2010](#)

Системная и программная инженерия. Менеджмент жизненного цикла. Часть 1. Руководство по менеджменту жизненного цикла
[ISO/IEC/IEEE 24765:2010](#)

Системная и программная инженерия. Словарь
[ISO/IEC TR 24774:2010](#)

Системная и программная инженерия. Менеджмент жизненного цикла. Руководящие указания по описанию процесса
[ISO/IEC 25045:2010](#)

Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Модуль оценки восстанавливаемости
[ISO/IEC TR 25060:2010](#)

Системная и программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Общий промышленный стандарт (CIF) для удобства использования. Основные положения по информации, касающейся удобства использования
[ISO/IEC 29881:2010](#)

ИТ. Системная и программная инженерия. Функциональный метод измерения размера FiSMA 1.1 2009
[ISO/IEC 10746-2:2009](#)

ИТ. Открытая распределенная обработка. Эталонная модель. Часть 2. Основы
[ISO/IEC 10746-3:2009](#)

ИТ. Открытая распределенная обработка. Эталонная модель. Часть 3. Архитектура
[ISO/IEC/IEEE 16326:2009](#)

Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла. Управление проектом
[ISO/IEC 19770-2:2009](#)

ИТ. Программная инженерия. Часть 2. Идентификационный тег программного обеспечения
[ISO/IEC 19793:2008](#)

ИТ. Открытая распределенная обработка. Использование Унифицированного Языка Моделирования для спецификаций систем распределенной обработки
[ISO/IEC 20926:2009](#)

Системная и программная инженерия. Измерения в программном обеспечении. Метод измерения функционального размера IFPUG 2009
[ISO/IEC TR 24766:2009](#)

ИТ. Системная и программная инженерия. Руководство по требованиям к возможностям инженерного инструментария
[ISO/IEC 26513:2009](#)

Системная и программная инженерия. Требования к испытателям и рецензентам пользовательской документации 2008
[ISO/IEC 12207:2008](#)

ИТ. Процессы жизненного цикла программного обеспечения
[ISO/IEC 14102:2008](#)

ИТ. Руководство по оцениванию и выбору инструментальных CASE-средств

[ISO/IEC 15288:2008](#)
Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла системы

[ISO/IEC TR 15504-7:2008](#)
ИТ. Оценка процессов. Часть 7. Оценка организационной завершенности

[ISO/IEC 24773:2008](#)
Программная инженерия. Сертификация специалистов по программной инженерии. Условия сравнения

[ISO/IEC 25012:2008](#)
Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Модель качества данных

[ISO/IEC 26514:2008](#)
Системная и программная инженерия. Требования к дизайнерам и разработчикам пользовательской документации

[ISO/IEC TR 90005:2008](#)
Системная инженерия. Руководящие указания по применению ISO 9001 к процессам жизненного цикла систем

2007
[ISO/IEC 14143-1:2007](#)
ИТ. Оценка программного обеспечения. Измерение функционального размера. Часть 1. Определение понятий

[ISO/IEC TR 14471:2007](#)
ИТ. Программная инженерия. Руководящие положения по принятию средств автоматизированной разработки программного обеспечения

[ISO/IEC 15939:2007](#)
Программная инженерия. Процесс измерения

[ISO/IEC 24744:2007](#)
Программная инженерия. Мета модель для методик разработки

[ISO/IEC 25001:2007](#)
Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Планирование и менеджмент

[ISO/IEC 25020:2007](#)
Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Измерительная эталонная модель и руководство

[ISO/IEC 25030:2007](#)
Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Требования к качеству

[ISO/IEC 25051:2006/Cor 1:2007](#)
Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Требования к качеству готового коммерческого программного продукта и инструкции по тестированию. Техническая поправка 1

[ISO/IEC 26702:2007](#)
Системная инженерия. Применение и управление процессами

2006
[ISO/IEC 13235-3:1998/Cor 1:2006](#)
ИТ. Открытая распределенная обработка. Торговая функция. Часть 3. Обеспечение торговой функции с использованием службы директории OSI. Техническая поправка 1

[ISO/IEC 14764:2006](#)
Программная инженерия. Процессы жизненного цикла программного обеспечения. Сопровождение

[ISO/IEC 15414:2006](#)
ИТ. Открытая распределенная обработка. Эталонная модель. Корпоративный язык

[ISO/IEC 15437:2001](#)
ИТ. Расширения в LOTOS (E-LOTOS)

[ISO/IEC 15476-3:2006](#)
ИТ. Семантическая метамодель CDIF. Часть 3. Определения данных

[ISO/IEC 15476-6:2006](#)
ИТ. Семантическая метамодель CDIF. Часть 6. Модели состояния/события

[ISO/IEC 16085:2006](#)
 Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла. Управление рисками

[ISO/IEC 23026:2006](#)
 Программная инженерия. Рекомендуемая практика для Интернета. Разработка веб-сайтов, администрирование веб-сайтов и жизненный цикл веб-сайтов

[ISO/IEC 25051:2006](#)
 Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Требования к качеству коммерческого программного продукта и инструкции по тестированию

[ISO/IEC 25062:2006](#)
 Программная инженерия. Оценка и требования качества программного изделия. Общий промышленный формат к отчету об испытании
 2005

[ISO/IEC 15476-4:2005](#)
 ИТ. Семантическая метамодель CDIF. Часть 4. Модели данных

[ISO/IEC 19501:2005](#)
 ИТ. Открытая распределенная обработка. Унифицированный язык моделирования (UML). Версия 1.4.2

[ISO/IEC TR 19759:2005](#)
 Свод знаний о программной инженерии. Руководство.

[ISO/IEC 24570:2005](#)
 Программная инженерия. Версия 2.1 метода измерения функционального размера NESMA. Определения и руководства по подсчету для применения функционального точечного анализа

[ISO/IEC 25000:2005](#)
 Программная инженерия. Требования к качеству и оценка программной продукции (SQuaRE). Руководство
 2004

[ISO/IEC TR 9126-4:2004](#)
 Программная инженерия. Качество продукта. Часть 4. Качество при использовании

[ISO/IEC TR 14143-5:2004](#)
 ИТ. Оценка программного обеспечения. Измерение функционального размера. Часть 5. Определение функциональных доменов, используемых для измерения функционального размера

[ISO/IEC 15504-1:2004](#)
 ИТ. Оценка процессов. Часть 1. Концепции и словарь

[ISO/IEC 15504-2:2003/Cor 1:2004](#)
 ИТ. Оценка процессов. Часть 2. Выполнение оценки. Техническая поправка 1

[ISO/IEC 15504-3:2004](#)
 ИТ. Оценка процессов. Часть 3. Руководство по выполнению оценки

[ISO/IEC 15504-4:2004](#)
 ИТ. Оценка процессов. Часть 4. Руководство по использованию для усовершенствования и определения возможностей процесса

[ISO/IEC 15909-1:2004](#)
 Системная и программная инженерия. Сети Петри высокого уровня. Часть 1. Понятия, определения и графические обозначения

[ISO/IEC 90003:2004](#)
 Программная инженерия. Рекомендации по применению ISO 9001:2000 к компьютерному программному обеспечению
 2003

[ISO/IEC TR 9126-2:2003](#)
 Программная инженерия. Качество продукта. Часть 2. Внешние показатели

[ISO/IEC TR 9126-3:2003](#)
 Программная инженерия. Качество продукта. Часть 3. Внутренние показатели

[ISO/IEC TR 14143-3:2003](#)
 ИТ. Оценка программного обеспечения. Измерение функционального размера. Часть 3. Проверка методов измерения функционального размера

[ISO/IEC 15504-2:2003](#)
 Программная инженерия. Оценка процессов. Часть 2. Выполнение оценки

Гергель В.П.

Нижегородский университет, профессор, д.т.н., декан факультета вычислительной математики и кибернетики Нижегородского университета, gergel@unn.ru

Международные рекомендации по составлению учебных планов в области суперкомпьютерных технологий

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Суперкомпьютерные технологии, учебный план, высокопроизводительные вычисления, суперкомпьютерное образование.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматриваются международные рекомендации по составлению учебных планов в области суперкомпьютерных технологий. Представлена сравнительная характеристика (1) Свода знаний и умений, разработанного в рамках Национальной программы суперкомпьютерного образования, (2) рекомендаций, подготовленных в рамках работ международных сообществ ACM и IEEE-CS по разработке учебных планов в области Компьютинга (Computing) и (3) предложений образовательного проекта, выполняемого при поддержке научного фонда NSF (США) и комитета IEEE-TCPP (Technical Committee on Parallel Programming).

Решительный переход компьютерной индустрии на многоядерные «рельсы», когда в рамках единой суперкомпьютерной системы могут использоваться сотни тысяч (а в случае эксафлопности и миллиарды) вычислительных ядер, требует столь же радикальных перемен и в области программного обеспечения. Задействовать колоссальный вычислительный потенциал многопроцессорных многоядерных систем можно только при кардинальном "параллельном" обобщении традиционной – последовательной – технологии решения задач на ЭВМ. Так, численные методы в случае многопроцессорности и многоядерности должны проектироваться как системы параллельных и взаимодействующих между собой процессов, допускающих исполнение на независимых вычислительных процессорах (ядрах). Применяемые алгоритмические языки и системное программное обеспечение должны обеспечивать создание параллельных программ, организовывать синхронизацию и взаимоисключение асинхронных процессов и т.п.

Преодоление проблемы эффективного использования суперкомпьютерных систем и организации высокопроизводительных вычислений требует наличия новых знаний, владения новыми умениями и

навыками. Причем этими новыми знаниями и умениями должны обладать не только «узкие» специалисты-разработчики параллельных программ – знания и умения в области суперкомпьютерных технологий (СКТ)¹ и высокопроизводительных вычислений становятся важной квалификационной характеристикой любого современного специалиста. И, тем самым, чрезвычайно важной задачей на пути подготовки специалистов, успешно действующих в рамках многоядерного компьютерного мира, становится определение **совокупного набора (Свода) знаний и умений**, которые должны быть отнесены к данной новой предметной области.

Разработка Свода является сложной научно-образовательной проблемой. Свод должен быть *полным*, т.е. включать в себя все основные понятия предметной области. Вместе с этим, Свод должен быть достаточно *компактным* и не содержать излишние технические детали. И, конечно же, Свод должен признаваться научно-техническим сообществом определяемой предметной области.

Тем самым, Свод не может быть разработан отдельным исследователем. Свод не может быть также и разработкой небольшого творческого коллектива. Свод, как правило, должен являться результатом активной деятельности широкого круга профессиональных экспертов, и разработка Свода может занимать достаточно большие периоды времени.

Еще раз отметим важность понятие Свода. Именно Свод должен являться основой для определения профессиональных квалификационных требований. Только на основе Свода могут быть сформированы адекватные образовательные программы подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров в соответствующей предметной области.

В настоящее время в стране и за рубежом могут быть выделены следующие основные активности по определению предметной области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений:

1. Свод знаний и умений (далее **Свод 1**), разработанный в рамках Национальной программы суперкомпьютерного образования, инициированной Суперкомпьютерным консорциумом университетов России и поддержанной президентом и правительством страны [5-8].
2. Рекомендации по составу предметной области параллельных и распределенных вычислений (далее **Свод 2**), подготовленные в рамках работ международных сообществ ACM и IEEE-CS по разработке учебных планов в области Компьютинга (Computing) [1-3].
3. Рекомендации по составу предметной области параллельных и распределенных вычислений (далее **Свод 3**), разработанные в рамках проекта, выполняемого при поддержке научного фонда NSF (США) и комитета IEEE-TCPP (Technical Committee on Parallel Programming) [4].

Во всех перечисленных работах используется один и тот же –

1 Будем использовать далее для краткости данную аббревиатуру СКТ как наиболее общую для обозначения предметной области, охватывающей суперкомпьютерные технологии, высокопроизводительные вычисления и параллельное программирование.

конструктивный – подход определения предметной области. Суть данного подхода состоит в следующем²:

1. Свод знаний и умений, который должен быть освоен специалистом для успешной профессиональной деятельности, определяется набором отдельных **областей знаний**, представляющих собой отдельные части определяемой сферы деятельности.
2. Далее, области знаний делятся на меньшие структуры, называемые **разделами**, которые представляют собой отдельные тематические модули внутри областей.
3. Каждый раздел, в свою очередь, состоит из набора **тем**, представляющих собой нижний уровень этой иерархии в определяемой сфере деятельности.

Каждый раздел сопровождается указанием, является ли он обязательным или факультативным, а также рекомендуемым объемом учебного времени, необходимым для его изучения.

Важно подчеркнуть, что подобная структура областей, разделов и тем определяет именно свод знаний, необходимый для освоения соответствующей сферы деятельности, а не представляет собой перечень учебных курсов. Учебные планы и необходимые учебные курсы разрабатываются далее уже на основе Сводов.

В данной работе осуществляется сопоставительная характеристика всех перечисленных выше работ по определению предметной области СКТ.

1. Свод знаний и умений в области СКТ

Разработка данного Свода проводилась в 2010-2012 гг. в рамках проекта «Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения» Комиссией при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России (<http://hpc-education.ru>) [5-8]. Выполнение данного проекта осуществлялось Московским госуниверситетом при привлечении ведущих вузов страны (ННГУ, ТГУ, ЮУрГУ, СПбГУ ИТМО, МФТУ, ДФУ, ЮФУ) и участии многих других членов Суперкомпьютерного консорциума университетов России.

Разработанный Свод явился основой для выполненных в рамках проекта работ по анализу и расширению государственных образовательных стандартов, по разработке учебных планов и учебных курсов и по реализации программ подготовки, переподготовки и повышения квалификации в области суперкомпьютерных технологий и высокопроизводительных вычислений.

При разработке Свода широко использовался опыт исполнителей проекта по подготовке кадров в области СКТ [5-8]. В значительной степени учитывался также опыт разработки рекомендаций по составлению учебных

² В работах используется несколько различающаяся терминология. Для однородности изложения материала в рамках статьи далее будут использоваться приводимые ниже термины.

планов в области информатики Computing Curricula международных сообществ ACM и IEEE [1-3].

На самом верхнем уровне рассмотрения в составе Свода были выделены 5 основных областей знаний, представляющих весь спектр проблематики компьютерных вычислений:

1. Математические основы параллельных вычислений.
2. Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы).
3. Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии).
4. Параллельные алгоритмы решения задач.
5. Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области.

В полном виде разработанный Свод не может быть представлен в рамках одной главы (39 разделов, более 300 тем) – полное содержание Свода приведено на сайте проекта <http://hpc-education.ru>.

Приведем состав сформированного Свода знаний и умений до уровня тематических разделов включительно.

№	Область знаний, раздел	Свод2 ³	Свод3
1	Математические основы параллельных вычислений		
1.1	Графовые модели программ	-	-
1.2	Концепция неограниченного параллелизма	-	-
1.3	Тонкая информационная структура программ	-	-
1.4	Эквивалентные преобразования программ	-	-
1.5	Модели вычислений для компьютерных систем	+	+
1.6	Математические модели параллельных вычислений	-/+	-/+
2	Параллельные вычислительные системы (компьютерные основы)		
2.1	Основы машинных вычислений	-	+
2.2	Основы построения компьютерных систем	-/+	+/-
2.3	Параллельные вычислительные системы	-/+	+/-
2.4	Многопроцессорные вычислительные системы	+/-	+/-
2.5	Многопроцессорные вычислительные системы с общей памятью	-/+	+
2.6	Многопроцессорные вычислительные системы с распределенной памятью	+	+
2.7	Графические процессоры	-/+	-
2.8	Вычислительные системы транспетафлопсной и эксафлопсной производительности	-	-
2.9	Распределенные вычислительные системы	+	-/+
2.10	Проблемы функционирования суперкомпьютерных центров и центров обработки данных	-	-
3.	Технологии параллельного программирования (основы программной инженерии)		
3.1	Общие принципы разработки параллельных программ	-/+	-/+

3 В правых столбцах таблицы указывается наличие (+) или отсутствие (-) соответствующих тем Свода в других альтернативных разработках – т.е., в Своде 2 (Рекомендации Computer Science 2013) и в Своде 3 (Рекомендации проекта NSF/IEEE-TCPP) соответственно. Отметка «+/-» означает, что тема представлена в значительной степени, отметка «-/+» говорит о том, что тема раскрывается частично.

3.2	Основы параллельного программирования	-/+	+/-
3.3	Методы и технологии разработки параллельных программ	-	+/-
3.4	Параллельные проблемно-ориентированные библиотеки и комплексы программ	-	-
3.5	Инструментальные среды для разработки параллельных программ	-	-
3.6	Методы повышения эффективности параллельных программ	-	-
4.	Параллельные алгоритмы решения задач		
4.1	Общие принципы разработки параллельных алгоритмов	-/+	+/-
4.2	Учебные алгоритмы параллельного программирования	-	+
4.3	Параллельные алгоритмы матричных вычислений	-	+/-
4.4	Параллельные алгоритмы сортировки и поиска данных	-/+	+
4.5	Параллельные алгоритмы обработки графов	-/+	+
4.6	Параллельные алгоритмы решения дифференциальных уравнений в частных производных	-	-
4.7	Параллельные алгоритмы решения оптимизационных задач	-	-
4.8	Параллельные алгоритмы Монте-Карло	-	-
4.9	Параллельные алгоритмы для других классов вычислительно-трудоемких задач	-	-
5.	Параллельные вычисления, большие задачи и конкретные предметные области		
5.1	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач наук о Земле.	-	-
5.2	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач наук о жизни	-	-
5.3	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач инженерных расчетов	-	-
5.4	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач квантовой химии	-	-
5.5	Параллельные методы решения задач атомистического моделирования	-	-
5.6	Параллельные методы решения вычислительно сложных задач оборонной тематики	-	-
5.7	Прямые и обратные задачи механики реагирующих сред	-	-

После подготовки начального варианта Свод прошел тщательную экспертизу в Научно-образовательных центрах суперкомпьютерного образования, созданных в рамках выполнения проекта. Разработанный Свод был представлен и активно обсуждался на основных российских конференциях суперкомпьютерной тематики.

Как показывает сопоставительная характеристика, сформированный Свод знаний, умений в значительной степени перекрывает предложения двух других разработок (Свода 1 и Свода 3 соответственно). Значительное количество разделов Свода представлено более полно (это разделы, например, «Основы компьютерных систем», «Общие принципы разработки параллельных программ» и др.). Свод содержит также разделы, которые полностью отсутствуют в Сводах 2 и 3 (такие, например, как «Вычислительные системы транспетафлопной и эксафлопной

производительности», «Проблемы функционирования суперкомпьютерных центров и центров обработки данных» и др.). Кроме того, в сравниваемых Сводах 2 и 3 нет такой важной области знаний как «Параллельные вычисления, большие задачи» и конкретные предметные области.

Для конкретизации приведем пример структуры одного из разделов рассматриваемого Свода.

Методы и технологии разработки параллельных программ

1. Традиционные языки программирования и распараллеливающие компиляторы. Векторизация программ.
2. Программные библиотеки для разработки параллельных программ: Shmem, Linda, MPI, PVM, Intel TBB (Thread Building Blocks), Microsoft TPL (Task Parallel Library).
3. Надъязыковые средства для организации параллелизма: Cray Fortran, DVM, OpenMP, HPF, Cilk.
4. Параллельные расширения традиционных языков программирования: CAF, UPC.
5. Параллельные языки программирования: Occam, SISAL, HOPMA.
6. Параллельные языки программирования для систем с распределенной общей памятью на основе модели разделённого глобального адресного пространства (partitioned global address space, PGAS): Chapel, X10.
7. Параллельные языки программирования для графических процессоров: CUDA, OpenCL.
8. Функциональные языки параллельного программирования: Parallel Haskell, Parlog, Erlang, T-Система.
9. Средства и технологии для поддержки метакомпьютинга и распределенных вычислений: Globus, gLite, UNICORE, BOINC, X-Com, Map/Reduce, ...
10. Технологии программирования FPGA-компьютеров.
11. Автоматизация распараллеливания и оптимизации программ.
12. Элементы схмотехники, языки описания электронных схем, VHDL.

2. Рекомендации учебных планов Computing Curricula

Деятельность международных сообществ ACM (Association for Computing Machinery) и IEEE Computer Society по подготовке рекомендаций по формированию учебных планов в области Компьютинга (Computing)⁴ является хорошим примером выполнения работ по определению и постоянному отслеживанию актуальности содержания предметной области. Первый разработанный Свод рекомендаций в области Компьютинга был подготовлен уже в 1968 г. Далее были подготовлены

⁴ К сожалению, для Компьютинга (Computing) нет устоявшегося русскоязычного наименования. Так, при переводе международных рекомендаций Computing Curricula на русский язык использовалось понятие Информатика, а при разработке российских образовательных стандартов на основе Computing Curricula было применено наименование Информационные технологии. В данной работе для устранения разных толкований используется транслитерация **Компьютинг**.

обновленные редакции в 1978, в 1991 и в 2001 гг. Начиная с 2001 г., новые редакции отдельных разделов Компьютинга стали появляться почти ежегодно.

Проблематика параллельных вычислений имеет отношение, прежде всего, к одной из составляющих частей Компьютинга, именуемой как Компьютерная наука (Computer Science) [1-3]. Впервые аспекты параллелизма стали упоминаться в редакции Computing Curricula от 2001 г., но и в 2001 г. [1] и в 2008 г. [2] параллелизм не являлся отдельной областью знаний – проблематика параллельных вычислений включалась как отдельные разделы в нескольких разных частях рекомендаций по компьютерным наукам.

И только в 2013 г. в разрабатываемой в данный момент времени редакции рекомендаций по компьютерным наукам организуется отдельная область знаний «Параллельные и Распределенные вычисления» (Parallel and Distributed Computing) [3]. В состав этой новой области знаний входят следующие разделы⁵:

№	Раздел	Свод1	Свод3
1	Основы параллелизма (Parallelism Fundamentals).	+	+
2	Декомпозиция параллельности (Parallel Decomposition).	+	+
3	Коммуникация и координация (Communication and Coordination).	+	+
4	Параллельные алгоритмы, анализ и программирование (Parallel Algorithms, Analysis, and Programming).	+	+
5	Параллельная архитектура (Parallel Architecture).	+	+
6	Параллельная производительность (Parallel Performance).	+	+
7	Распределенные системы (Distributed Systems).	-/+	-/+
8	Облачные вычисления (Cloud Computing).	-/+	-/+
9	Формальные модели и Семантики (Formal Models and Semantics).	+/-	-/+

Выполненное сравнение показывает, что рекомендации Computer Science 2013 практически полностью перекрываются вариантами Сводов двух других рассматриваемых подходов. Можно отметить, что в рекомендациях более широко рассматриваются разделы, связанные с «Распределенными системами», «Облачными вычислениями», «Формальными моделями и семантикой».

В целом, как вывод, можно заключить, что данный вариант Свода является компактным, но не полным (по сравнению, например, со Сводом российского национального проекта суперкомпьютерного образования).

3. Рекомендации учебных планов NSF/IEEE-TCPP

Еще одна активность по определению предметной области

⁵ Как и ранее, столбцы Свод 1 (Рекомендации российского национального проекта суперкомпьютерного образования) и Свод 3 (Рекомендации проекта NSF/IEEE-TCPP) используются для сопоставления различных вариантов разработанных определения предметной области суперкомпьютерных технологий, высокопроизводительных вычислений и параллельного программирования.

параллельных и распределенных вычислений была предпринята в рамках проекта, поддержанного научным фондом NSF (США) и комитетом IEEE-TCPP (Technical Committee on Parallel Programming) [4]. Предварительный вариант рекомендаций был подготовлен в 2010 г. Рабочая редакция рекомендаций была опубликована в декабре 2012 г. Ожидается, что после активного обсуждения окончательная версия рекомендаций будет подготовлена в 2014 г.

В соответствии с данными рекомендациями в проблематике параллельных и распределенных вычислений выделены четыре области знаний:

1. Архитектура (Architecture).
2. Программирование (Programming).
3. Алгоритмы (Algorithms).
4. Дополнительные разделы (Cross Cutting and Advanced Topics).

Как можно заметить, выделенные области знаний во многом повторяют структуру Свода российского национального проекта суперкомпьютерного образования (Свод 1). Вместе с этим, две области знаний «Математические основы» и «Параллельные вычисления», большие задачи и конкретные предметные области, имеющиеся в Своде 1, отсутствуют в рекомендациях проекта NSF/IEEE-TCPP. С другой стороны, область «Дополнительные разделы» рассматриваемых рекомендаций как таковая отсутствует и распределена в других имеющихся областях знаний Свода 1.

К сожалению, в рекомендациях проекта NSF/IEEE-TCPP структурные элементы второго уровня – разделы – в явном виде не выделены. Фактически состав областей знаний определяется сразу в более мелких понятиях – темах, что, безусловно, усложняет использование данного определения предметной области. В ряде случаев предлагаемые темы объединены в группы – с использованием этих выделенных групп структура предметной области в рамках рассматриваемого подхода имеет следующий вид.

№	Область знаний, раздел	Свод1	Свод2
1.	Архитектура		
1.1	Параллелизм данных и управления	+	-/+
1.2	Общая и распределенная память	+	-/+
1.3	Иерархия памяти	+	-/+
1.4	Показатели производительности	+	-/+
1.5	Представление чисел с плавающей запятой	+	-
2.	Программирование		
2.1	Парадигмы параллельного программирования	+	-/+
2.2	Проблемы семантики и корректности	+	+
2.3	Проблемы производительности	+/-	-/+
3.	Алгоритмы		
3.1	Модели и оценки сложности	+	+/-

3.2	Алгоритмические парадигмы	+	-/+
3.3	Алгоритмические проблемы	+	-/+
4.	Дополнительные разделы (тематические группы отсутствуют)	-/+	-/+

Как можно заметить, сопоставление подходов показывает, что рекомендации рассматриваемого варианта (проекта NSF/IEEE-TCPP) практически полностью перекрываются вариантом Свода российского национального проекта суперкомпьютерного образования. С другой стороны, рекомендации проекта NSF/IEEE-TCPP шире и полнее рекомендаций Computer Science 2013. Лишь сводная область «Дополнительные разделы» рассматриваемых рекомендаций содержит темы, которые учтены не в полной мере в рекомендациях других сравниваемых вариантов (Сводов 1 и 2).

В целом можно заключить, что вариант Свода NSF/IEEE-TCPP является достаточно полным, но не достаточно структурированным.

Кроме того следует особо отметить, что в рамках рассматриваемого подхода полагается, что большинство понятий, знаний и умений, составляющих предметную область параллельных и распределенных вычислений, должно быть освоено на уровне базовой общей подготовки (бакалавриата). В рекомендациях приводится перечень учебных курсов, которые могут быть использованы для обучения с указанием распределения тем предметной области по этим курсам.

Состав рекомендуемых курсов имеет вид:

- Основные курсы:
 - Введение в программирование,
 - Методы программирования,
 - Архитектура компьютерных систем,
 - Структуры данных и алгоритмы.
- Углубленные курсы (курсы по выбору):
 - Архитектура компьютерных систем (углубленный),
 - Анализ и разработка алгоритмов,
 - Языки программирования,
 - Программная инженерия,
 - Параллельные алгоритмы,
 - Параллельное программирование,
 - Компиляторы,
 - Компьютерные сети,
 - Распределенные сети.

Заключение

Полагаясь на проведенное рассмотрение, можно заключить, что в настоящее время в стране и за рубежом активно выполняются работы по определению содержания предметной области суперкомпьютерных технологий, высокопроизводительных вычислений и параллельного программирования. Основными разработками в данном направлении

являются:

- Свод знаний и умений, разработанный в рамках российского национального проекта суперкомпьютерного образования [5-8].
- Рекомендации по формированию учебных планов для компьютерных наук (Computer Science 2013) международных сообществ ACM и IEEE-CS [1-3].
- Рекомендации проекта NSF/IEEE-TCPP [4].

В целом проведенный анализ показывает, что разработанный Свод проекта суперкомпьютерного образования является более полным и во многом охватывает предложения других рассмотренных подходов. Тем не менее, международный опыт разработки рекомендаций является чрезвычайно полезным и обязательно должен учитываться при подготовке последующих редакций Свода. Кроме того, безусловно необходимым является организация взаимовыгодного взаимодействия всех профессиональных коллективов, занимающихся разработкой предложений состава предметной области СКТ.

Литература

1. Рекомендации по преподаванию программной инженерии и информатики в университетах. М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-Университет Информационных технологий», 2007 (электронный вариант издания содержится на <http://se.math.spbu.ru/SE>)
2. Computing Curricula Computer Science 2008 – см. http://www.computer.org/portal/c/document_library/get_file?p_l_id=2814020&folderId=3111026&name=DLFE-57604.pdf
3. Computing Curricula Computer Science 2013 – см. <http://ai.stanford.edu/users/sahami/CS2013/>
4. NSF/IEEE-TCPP Curriculum Initiative on Parallel and Distributed Computing – см. <http://www.cs.gsu.edu/~tcpp/curriculum/>
5. Воеводин В.В., Гергель В.П., Соколинский Л.Б., Демкин В.П., Попова Н.Н., Бухановский А.В. Развитие системы суперкомпьютерного образования в России: текущие результаты и перспективы. – Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 4. С. 268-274.
6. Антонов А.С., Воеводин В.В., Гергель В.П., Соколинский Л.Б. Системный подход к суперкомпьютерному образованию // Вестник ЮУрГУ. Серия "Вычислительная математика и информатика". 2013. Т. 2. № 2. С. 5-17.
7. Антонов А.С., Артемьева И.Л., Бухановский А.В., Воеводин В.В., Гергель В.П., Демкин В.П., Коньков К.А., Крукиер Л.А., Попова Н.Н., Соколинский Л.Б., Сухинов А.И. Проект "Суперкомпьютерное образование": 2012 год // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2013. № 1-1. С. 12-16.
8. Воеводин В.В., Гергель В.П., Соколинский Л.Б., Демкин В.П., Попова Н.Н., Бухановский А.В. Развитие системы суперкомпьютерного образования в России: текущие результаты и перспективы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 4-1. С. 268-274.

Зиндер Е.З.

Фонд поддержки системного проектирования, стандартизации и управления проектами
(НО Фонд «ФОСТАС»), президент, ezinder@fostas.ru

Новая парадигма инжиниринга предприятий и требования к новым ИТ-специальностям

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Парадигма, инжиниринг, архитектура предприятия,
информационные технологии.*

АННОТАЦИЯ:

Определены основные положения новой парадигмы инжиниринга предприятий (ИП) и диктуемые его принципами рекомендации по определению новых специальностей в сфере ИТ. Эти специальности рассматриваются как необходимые для инжиниринга качественно новых архитектур предприятий, актуальных к появлению на горизонте 5-7 и до 10 лет. Рассматривается методика выполнения комплексного анализа побудительных сил, приводящих к новой парадигме ИП, основные принципы этой парадигмы, а также возникающие под их воздействием архитектуры предприятий.

По определению стандарта [1] **инжиниринг предприятий (ИП)** – «дисциплина, применяемая для выполнения любых работ по созданию, изменению или реорганизации любого предприятия». Ниже рассматриваются качественно новые принципы ИП, возникшие последнее время и заставляющие говорить о его новой парадигме, а также некоторые вытекающие из этих принципов следствия, включая требования к новым специальностям в сфере ИТ.

Причины необходимости анализа изменения ИП и прогнозирования его дальнейшего развития

Необходимым условием прагматического применения любых технологий, включая ИТ, является планирование тех изменений, которые технологии оказывают и будут оказывать в обозримом будущем на цели и результаты основной деятельности предприятий, на сферу труда в целом.

Важнейшей частью ИП является организация и оптимизация рабочих процессов, что традиционно относится к области работы с бизнес-архитектурой. Другой частью ИП является выбор и интеграция технологий, включая ИТ, то есть, архитектура ИТ. Наконец, организация людей на предприятии является важнейшей частью его инжиниринга и составляет особую архитектурную область. Можно с уверенностью полагать, что в обозримом будущем принципы ИП и методики архитектуры предприятия (АП) останутся методической основой для деятельности по созданию и

трансформации предприятий. По этим причинам изменения ИП будем рассматривать не только как отдельные новые функции и возможности инжиниринга, но и как новые или ожидаемые характеристики меняющихся архитектур предприятий.

Существенно, что новаторские изменения, включая применение новых возможностей ИТ, могут производиться лишь подготовленными людьми, поэтому нужно учитывать, что чем более новаторские изменения планируются, тем более заблаговременно требуется готовить к ним людей. Подготовка может потребовать как минимум повышения профессиональной квалификации сотрудников, как максимум – обучение новых специалистов по совершенно новой специальности. При этом суммарный срок анализа требований к новой специальности, разработки программ и подготовки преподавателей, наконец, собственно обучения новой специальности достаточно велик. Например, при пятилетней программе обучения даже при запараллеливании подготовительных работ и собственно обучения он может составлять шесть или семь лет.

Известно [2], что скорость изменений в целях и организации бизнеса продолжает расти, существенно ускорился переход к новым архитектурам предприятий, существенные изменения на предприятиях могут производиться раз в полтора года и даже чаще. Это говорит о том, что готовиться к выполнению новаторского инжиниринга предприятия необходимо заранее, в частности, заранее надо планировать подготовку специалистов к тем трудовым условиям, которые возникнут через пять или семь лет.

Комплексный анализ побудительных сил к изменениям и новая парадигма инжиниринга предприятия

С учетом вышесказанного, с конца 2011 года и до середины 2013 был выполнен анализ [3] наиболее отчетливо проявляющихся тенденций в изменениях сферы труда, которые вызываются комплексом взаимосвязанных изменений в ИТ, в ряде смежных технологий, а также изменением некоторых экономических и социальных условий. На основе этого анализа стало возможным формировать и детализировать некоторые выводы и предложения, отвечающие обнаруженным тенденциям. В частности, были представлены характерные изменения архитектур предприятий, описаны риски, возникающие при развитии таких архитектур, и предложены некоторые способы управления ими. Таким образом, выполненный анализ перешел в ту форму, которую принято последнее время называть словом «форсайт»: *«Форсайт — это систематические попытки оценить долгосрочные перспективы науки, технологий, экономики и общества, чтобы определить стратегические направления исследований и новые технологии, способные принести наибольшие социально-экономические блага» (Бен Мартин, SPRU department, University of Sussex).*

Удается также сделать следующий шаг: определить основные

требования к новым специальностям, которые потребуются в таких архитектурах и уже требуются на некоторых предприятиях. В совокупности, реально происходящие и прогнозируемые изменения привели к конструктивному описанию качественных изменений в инжиниринге предприятий, позволяющих говорить о **новой парадигме ИП**.

Методика выполненного комплексного анализа

Для учета границ применимости сделанных выводов необходимо привести основные положения методики проведенного анализа.

Выполнялся комплексный прогноз существенных изменений устройства предприятий и рабочих процессов на них на горизонте 5-7 и до 10-ти лет. Особенности этой работы по сравнению с рядом многих других форсайтов и прогнозов были:

- отбор для рассмотрения не одной области или отрасли инноваций, даже не двух или трех, что встречалось в публикациях, а более **широкого и достаточно целостного набора** взаимосвязанных сфер деятельности, технологий, движущих сил и прочих обстоятельств, влияющих на устройство новых рабочих процессов и архитектур предприятий широкого спектра;
- рассмотрение отобранных сфер деятельности и технологий, взаимовлияния движущих сил и прочих обстоятельств **в их взаимосвязи и взаимовлиянии, с учетом их интеграции** в рабочих процессах и свойствах всего пространства продуктивной деятельности людей;
- не жесткое, но все же **исключение из рассмотрения** многих других перспективных направлений и технологий (например, биотехнологий) для получения обозримого результата, однако, с сохранением возможностей учета этих других направлений в объеме, необходимом для эффективного применения основных отобранных технологий;
- определение преимуществ, получаемых за счет интегрированного использования рассматриваемых инноваций, способных привлечь существенный **интерес работодателей и менеджеров** к их применению на предприятиях, причем даже в условиях обнаружения заметных рисков;
- определение тех **новых рисков для работников и для предприятий**, которые с наибольшей вероятностью будут сопровождать будущие изменения рабочей среды и всей комплексной архитектуры предприятий, а также определение некоторых мер по управлению рисками.

Ниже изложены положения форсайта, уточняющие методику его выполнения.

Технологии, рассматриваемые как ключевые

В качестве базовых в данной работе выбраны информационные технологии (ИТ), робототехника, технологии 3D-принтеров и связанных с ними материалов и устройств. Анализируются также технологии прикладного применения этих базовых технологий на предприятиях самых разных отраслей. Это позволяет выделить самоценную и весьма широкую область изменений в профессиональной деятельности, которая в большом числе случаев может быть вполне самостоятельной. Три выбранные базовые технологические области отличаются важнейшими системообразующими свойствами, включая проникновение в самые разные производства и предприятия, а также большой быстротой развития. Кроме того, эти три области сильно связаны друг с другом и сильно влияют на архитектуры предприятий, причем как на парадигму управления предприятием, так и на парадигму собственно производства, в том числе, промышленного. Более того, развитие этих технологий оказывает столь сильное трансформирующее влияние, что получило название революций: информационной и третьей (или новой) промышленной.

Примеры эффектов комплексного применения технологий этих классов рассматриваются далее.

Факторы внешней и внутренней среды предприятий

Эти факторы, в свою очередь, возникают во многом благодаря информационной и третьей промышленной революциям и развитию рассматриваемых в форсайте технологий. Однако влияние внешней и внутренней среды рассматривается не как влияние, например, ИТ непосредственно, а как влияние бизнес-аспектов, усиливающихся в связи с применениями технологий. В качестве таковых факторов в данной работе выбраны:

- **Изменение рынка, требующего продукции нового характера, в том числе,** за счет насыщения изделий и услуг информационными, вычислительными и коммуникационными компонентами и свойствами.
- **Распространение деловой среды, имеющей характеристики многоуровневой деловой экосистемы:** в том числе, развитие давно зафиксированных форм, как т.н. расширенное предприятие, предприятие 2.0, и т.д., распространенных на сообщества потребителей, интегрирующих их в маркетинговые и даже в производственные и поддерживающие процессы.
- **Тотальное распространение носимых ИКТ-устройств,** обладающих собственной высокой мощностью как компьютера и связанных с централизованными ИКТ-ресурсами, другими ресурсами в экосистеме и покрывающих все деловые потребности. Развитие известных факторов консьюмеризации ИТ, мобильности работников и рабочих мест. Встраивание аналитических функций в носимые устройства и в инструменты social media.

- **Радикальное ускорение роста изменчивости бизнес-процессов**, в том числе, существенное превышение этой изменчивости возможностей заменять или реконструировать ИТ-системы для бизнеса. **Рост числа недетерминированных бизнес-процессов и отдельных действий** (спорадически запускаемых, с функциональной структурой, определяемой исполнителем по ситуации).
- **Радикальное усиление / ускорение маркетингового анализа**, поиска и управления с ориентацией на поддержку творческого начала работников (на «креативный класс»), на продолжение ускорения вывода новых товаров и товаров-новинок на рынок.
- **Переменность иерархий, матричных образований других организационных структур**, а также структур временных тематических профессиональных групп на глобально расширенных, многоязычных предприятиях и во всей деловой экосистеме.
- **Включение в организационные единицы роботов** с постоянно расширяющимися функциями и полномочиями субъектов бизнес-процессов, причем субъектов, все более отвечающих бизнес-интересам владельцев и менеджеров предприятий.
- **Социализация и геймификация** рабочих процессов и отношений между субъектами разных ролей и типов.

Глобальные экономические, демографические и культурологические факторы

В качестве таковых факторов рассматриваются:

- **Массовый выход на рынок труда поколения Z** (по другим датировкам – поздней половины поколения Z), для которых т.н. «технологии будущего» с детства являются обычной частью жизни. Это первое поколение, полностью родившееся во времена глобализации, распространяющейся, в том числе, на ежедневные рабочие процессы. Для представителей поколения Z естественна также готовность, а часто и стремление работать в среде, геймифицированной гораздо более глубоко, чем наблюдается сейчас. Последующий за этим выход на рынок труда поколения **Alpha** принесет, как ожидается, еще большее усиление указанных выше готовности и стремления.
- **Продолжение хронического экономического и социально-экономического кризиса.** Поиск новой модели и новых ценностей существования, отличных от потребительской модели 20 века. Необходимость, иногда жесткая, вводить повсеместные требования к бережливому производству и меры строгой экономии. В их число входят, в частности, требования к точно соответствующему актуальным потребностям и своевременному непрерывному дополнительному профессиональному образованию.

Примеры ожидаемых эффектов от комплексного применения

технологий и базовые требования к новым архитектурам

Можно назвать следующие примеры эффектов комплексного применения технологий в меняющихся условиях внешней и внутренней среды предприятия:

- полная обеспеченность работников информационно-функциональной поддержкой и средствами коммуникаций (в частности, предоставление аналитических средств поддержки принятия решений на всех уровнях и горизонтах управления и операционной деятельности);
- выполнение работ в режимах социализации бизнеса и геймификации рабочих процессов (как для недетерминированных, так, постепенно, и для консервативных процессов);
- индивидуализация производств и их постоянное приближение к потребителю (как географическое, так и по необходимым потребителю свойствам);
- устранение необходимости физического выполнения исполнителем-человеком ручных операций, контроля выполнения операций и процессов, управления машинами, замещение человека на многих работах умственного труда.

Эти и ранее определенные новшества порождают базовые требования ко всем аспектам инжиниринга предприятий:

- предприятие изначально создается либо перестраивается для работы в условиях постоянных и быстрых изменений внешней среды и ее требований;
- архитектура предприятия должна обеспечивать осуществление адекватных быстрых трансформаций во всех своих компонентах и связях;
- в то же время, несмотря на необходимость инжиниринга специфических механизмов выполнения указанных трансформаций, сохраняются и растут требования к архитектуре обеспечивать повышение эффективности и производительности работы предприятия в целом.

Особенности новой парадигмы инжиниринга предприятия

Исчерпывающее определение новой парадигмы ИП в сегодняшнем состоянии процесса идущих изменений невозможно, т.к. изменения в подходах еще накапливаются. Однако, можно принять, что качественные изменения уже понятны, и новая парадигма включает в себя описанные ниже принципы, в том числе, явно отличающиеся от принципов и правил «классических» подходов.

Краткое представление принципов новой парадигмы инжиниринга предприятий:

1. **Построение предприятия сервисного типа.** Инжиниринг миссии и бизнес-сервисов для предприятий / организаций всех типов и

отраслей.

2. **«Кадры и культура решают все».** Инжиниринг кадров и культуры.
3. **Всестороннее обеспечение кадров знаниями и информацией.** Инжиниринг обеспечения знаниями (также информацией, технологиями, условиями их использования).
4. **Роботизация и социализация.** Инжиниринг совместной работы людей и роботов.
5. **Использование результатов третьей промышленной революции.** Инжиниринг персонализации продукции.
6. **Упрощение и облечение работы с компонентами архитектуры и системами.** Дружелюбные инструменты инжиниринга предприятия.
7. **Слабосвязанная архитектура.** Инжиниринг новых интерфейсов для компонентов предприятия.
8. **Постепенность.** Инжиниринг связей с консервативными партнерами и подразделениями.
9. **Экономичность и эффективность.** Инжиниринг баланса бережливости и новаторства.
10. **Управление специфическими рисками.** Инжиниринг управления рисками.

Более детально опишем два из указанных принципов, служащие характерными примерами принципов новой парадигмы ИП.

Принцип **«Роботизация и социализация».** Учитываются **возможности роботизации** и снижение необходимости выполнения человеком самых разных ручных операций, учетных операций практически всех видов, непосредственного управления «машинами» (т.е. функций оператора), работ по плановому техобслуживанию и ремонту оборудования, и т.п., а также на многих работах «умственного труда» – от простейших до все более сложных (например, до обучения людей по отработанным учебным курсам). Начинает выполняться инжиниринг совместной работы субъектов-исполнителей разных типов: людей, интеллектуальных программных агентов и роботов при развитии коммуникаций между всеми категориями исполнителей, включая:

- инжиниринг связи и совместной деятельности роботов и людей в информационном пространстве предприятия и его ИС (новые интерфейсы связи, контроль и взаимный контроль, и др.);
- инжиниринг участия и непрерывного обучения многофункциональных роботов как исполнителей;
- инжиниринг связи роботов друг с другом, социализации роботов;
- инжиниринг систем контроля и обеспечения надежности и безопасности работы групп людей и роботов;
- инжиниринг недетерминированных рабочих процессов (включая субъективное определение метода выполнения), в т.ч. в связи с уменьшением доли рутинных операций человека.

В уместных случаях предусматривается выполнение рабочих процессов в режимах **социализации и углубленной геймификации деятельности** (как для недетерминированных, так, постепенно, и для консервативных процессов). При этом проектируются средства интеграции регулярных рабочих процессов (например, в классических ERP или в конвейерном производстве), недетерминированных процессов, режимов / средств социализации и геймификации. В эту интеграцию вовлекаются субъекты-исполнители всех упомянутых типов.

Принцип **«Слабосвязанная архитектура»**. Инжиниринг новых интерфейсов для компонентов предприятия. Архитектура предприятия ориентируется не столько на создание идеально выстроенного оптимизированного механизма, сколько на формирование **более свободно связывающихся друг с другом сообществ** предприятий, малых групп и индивидов (субъектов), кооперирующихся для достижения меняющихся, но ясно формулируемых целей. Наблюдается все большее распространение **организации среды предприятия в виде многоуровневой деловой экосистемы**: расширенное предприятие, включая виртуальные предприятия и предприятия 2.0, расширенные, в свою очередь, на сообщества потребителей. Архитектура при этом может не обеспечивать максимального снижения производственных затрат (например, как в предыдущих индустриальных моделях – за счет массовости производства), но **нацелена на эффективность иного типа**: максимальное ускорение реагирования на изменения рынка, другие изменения внешней среды. Пример – ориентация на обновление продукции за счет насыщения ее информационными компонентами и свойствами.

ИП ориентируется на архитектуру предприятия, соединяющую, с одной стороны, классические бизнес- и организационные единицы, детерминированные бизнес- и рабочие процессы, и, с другой стороны, **недетерминированные процессы и другие элементы слабосвязанной архитектуры**, обеспечивающей их перекомпоновку по потребности. Элементы слабосвязанной архитектуры ассоциируются, в первую очередь, со спорадически иницируемыми процессами и эвристическим характером их выполнения. Принципы повсеместности (ubiquity) и «разумности» (smart) распространяются на услуги, процессы и предприятия разных типов и масштабов.

Новые концептуальные архитектуры предприятий

Выделены особенности новых архитектур предприятий двух типов:

- «Новая офисная архитектура»;
- «Архитектура предприятий третьей промышленной революции».

«Новая офисная архитектура» предусматривает недетерминированные бизнес-процессы, совмещение выполнения «регулярных» работ с помощью коллег и с другим полноценным участием в разных областях профессиональной общественной жизни предприятия.

Учитывается возможность глубокой геймификации рабочих процессов с опорой на все те отличия игровых режимов, которые порождают высокую мотивацию участников игры, что стимулирует менеджеров вводить и поддерживать такие процессы. Поддержка глубоко геймифицированных процессов предусматривает, в частности, использование в локальных и мобильных режимах всей необходимой вычислительной и информационной мощности для поддержки принятия решений игроками, введение страхующих компонентов (дублеров, контролеров), обеспечивающих достаточный уровень надежности работников-игроков и рабочих процессов в целом.

Кроме того, в «офисных» бизнес-процессах в качестве их субъектов могут участвовать активные технологические компоненты, которые могут быть отнесены к интеллектуальным программам или роботам новых поколений. Такие роботы могут работать на разных рабочих местах, иметь коммуникации друг с другом, с сотрудниками-людьми, с клиентами предприятия, с традиционными управленческими системами и с офисным оборудованием.

Требуется также включать в новую архитектуру дополнительные, во многом, служебные компоненты, которые требуются для придания архитектуре необходимых свойств целостности, экономичности, гибкости и надежности. Так, в ней должны быть предусмотрены специальные компоненты интеграции социального ПО и пакетов программ традиционных типов (ERP, MES, и др.), инфраструктура информационной безопасности, с ее распространением на мобильные рабочие места, и др.

«Архитектура предприятий третьей промышленной революции» предполагает использование всех или многих архитектурных решений «Новой офисной архитектуры» и их дополнение такими активными технологическими компонентами, как промышленные и сервисные роботы новых поколений, а также 3D-принтеры или эквивалентные машины со всей их технологической «обвязкой». Роботы, как полноценные «новые игроки» предприятия могут работать на самых разных рабочих местах и имеют связи с производственным оборудованием, оператором которого они выступают, и коммуникации друг с другом. В том числе, они могут работать в теснейшей связке с 3D-принтерами, выполняя сборку печатаемых деталей, техническое обслуживание и ремонт таких принтеров и вспомогательного технологического оборудования. Роботы находятся под контролем людей-контролеров, причем по отношению к последним выстраиваются иерархии дублирования и контроля, аналогичные таковым в «Новой офисной архитектуре». Однако, эти иерархии могут иметь больше уровней, надо также учитывать, что в структуре этих иерархий функции контролеров могут выполнять как люди, так и роботы.

Некоторые новые перспективные специальности

С учетом ожидаемых изменений по ряду перспективных специальностей необходимо начинать подготовку специалистов уже

сегодня или в самом ближайшем будущем. Определение образовательных программ для этих специальностей рекомендуется выполнять в стиле [4], учитывая, что для новых и постоянно возникающих работ и специальностей вряд ли удастся иметь вовремя разработанные профессиональные стандарты. Поэтому рекомендуемый путь формирования образовательных программ должен начинаться с формулирования диапазонов возможностей и требований новых рабочих процессов.

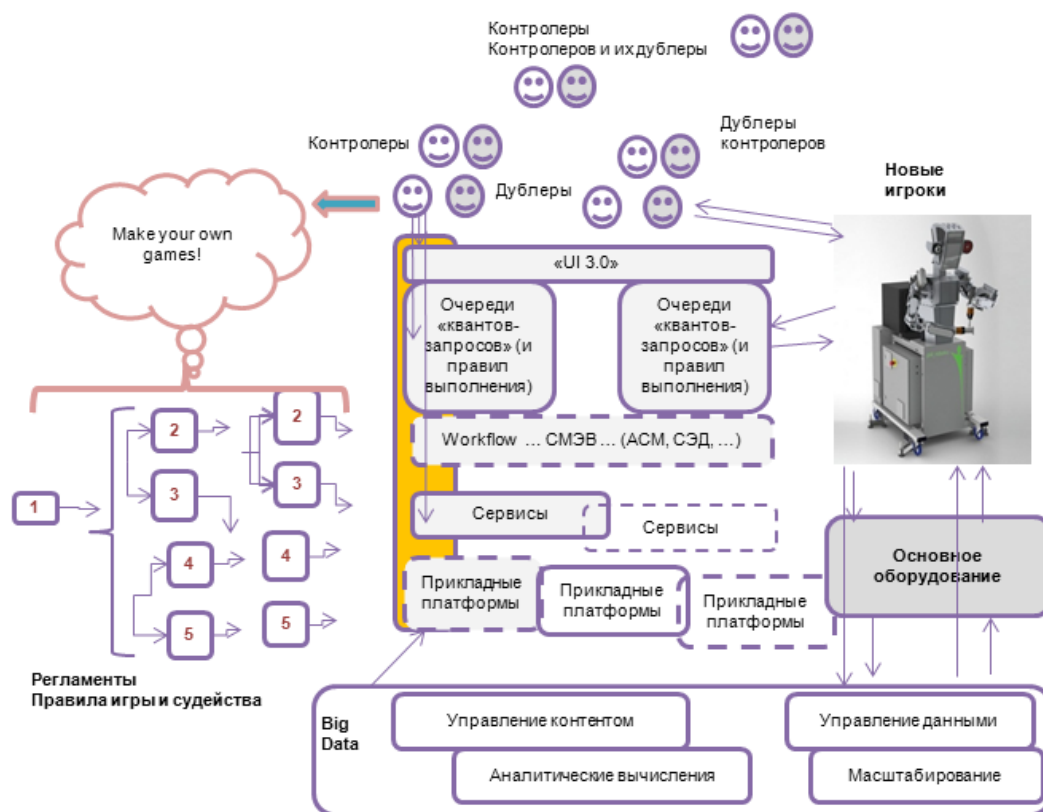


Рис. 1. Архитектура предприятий третьей промышленной революции. Примечание: архитектура рабочей среды с учетом новой промышленной революции включает в себя особенности «Новой офисной архитектуры»

Ниже приводятся наиболее характерные перспективные специальности (названия условные) с кратким представлением возможных обобщенных трудовых функций:

- **«разработчик параллельных алгоритмов / процессов / моделей»** (означает освоение нового, параллельного способа мышления для расширения существующих специальностей «программист» с целью развития средств аналитики, в одном из вариантов включает **разработку быстрых предиктивных проблемно-ориентированных моделей**, в т. ч. на основе концепций BigData, в средах различных ИТ-архитектур);
- **«разработчик деловых игровых режимов»** (включая разработку компонентов, свойственных компьютерным играм, расширенных

интерфейсами деловой гибридной реальности, коммуникациями с работниками-людьми и работниками-роботами, с предприятиями партнерами и их роботами, с предиктивными и иными аналитическими функциями поддержки принятия решений, и др.);

- **«дизайнер 3D-изделий»** (проектировщик и разработчик их конструкций, методов их персонализации потребителями, программ печати, процедур сборки, испытаний и др.);
- **«учитель роботов и тренер смешанных коллективов»** (включая тренировки совместной работы людей и роботов, начиная с таких примеров, как [5]);
- **«лидер группы роботов»** (включая страховку, помощь, оперативное командование, обеспечение наилучшего ТОиР, накопление опыта и дополнительный инструктаж);
- **«контролер операторов / других контролеров»** (включая перехват управления на себя, оценку качества работы и помощь в его повышении, оценку психологического состояния и помощь в его улучшении);
- **«организатор информационного социума рабочей среды»** (существенное развитие уже существующих, сегодняшних функций работников социализации бизнеса);
- **«аналитик-воспитатель сетевого антисектантства»** (включая проведение профилактики, выявление ситуаций зарождения сетевого сектантства, его преодоление).

Заключение

Описанные выше результаты сами носят характер динамического объекта и уточняются по мере появления новой информации. Тем не менее, анализ, на котором они основаны, прошел многократную апробацию в аудиториях профессиональных многих конференций и семинаров, и сами результаты можно считать достаточно устойчивыми.

Вместе с тем, целесообразно планировать периодическое уточнение направлений и форм развития, учитываемых действующих сил и порождаемых ими эффектов. Ниже из множества всех потенциально полезных направлений исследований выделены два:

- исследования новых архитектур управления и принятия решений на предприятиях;
- исследования новых архитектур информационных систем предприятия, связанных с архитектурами принятия решений.

Первая группа исследований начата в настоящее время, и некоторые ее результаты доложены в [6]. Эти исследования являются комплексными, в них иницируются и другие исследования, которые могут оказаться необходимыми.

Несомненно, сделанные прогнозы сбываются с разной скоростью. Поэтому стоит отметить, что некоторые из них сбываются даже ранее, чем

ожидалось. Укажем, в частности, на известные намерения АНБ в свете дела Сноудена заменить интеллектуальными программами до 80% специалистов – системных администраторов. По этой причине приводим итоговый тезис описанного выше форсайта: **«ЗАВТРА НАСТУПИТ РАНЬШЕ, ЧЕМ ПРОГНОЗИРУЕТСЯ».**

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 15704:2008. Промышленные автоматизированные системы. Требования к стандартным архитектурам и методологиям предприятия.
2. Iskandar Aki. Butting Heads: Why IT and Business Don't Get Along — <http://www.oracle.com/technetwork/articles/entarch/iskhandar-butting-heads-487873.html?printOnly=1>
3. Зиндер Е.З. Новое в архитектурах предприятий и их ИТ-систем: возможности и риски. //В сб. трудов седьмой межд. конф. "Современные технологии управления предприятием и возможности использования информационных систем: состояние, проблемы, перспективы". 30 – 31 марта 2012 г., Одесса
4. Зиндер Е.З., Тельнов Ю.Ф., Юнатова И.Г. "Методика построения модели компетенций на основе профессиональных стандартов в области ИКТ для создания программ дополнительного профессионального образования"// Вестник УМО, № 5, 2011
5. Caroline McCall. Humans and robots work better together following cross-training.// MITmediarelations. February 11, 2013
6. Зиндер Е.З., Николаева Т.С. Гибкая архитектура центров принятия решений – основа новой парадигмы инжиниринга предприятий.//Сб. трудов XVI конференции «Инжиниринг предприятий и Управление Знаниями», 25-26 апреля 2013 г. МЭСИ, Москва

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

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

² D-Link, к.т.н., менеджер по обучающим проектам, esmirnova@dlink.ru

³ D-Link, консультант по обучающим проектам, eromashkina@dlink.ru

Направления сотрудничества компании D-Link с высшими учебными заведениями

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Сотрудничество, компания D-Link, высшие учебные заведения.

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена различным направлениям сотрудничества компании D-Link с высшими учебными заведениями: разработке оригинальных учебных материалов, организации дистанционного обучения и внедрению его в учебный процесс, авторизованных учебных центров и лабораторий для поддержки практических занятий, курсов дистанционного обучения и исследовательской деятельности.

Также уделено внимание руководству курсовыми и дипломными работами, организации производственной практики, участию в научно-практической конференции и Международной олимпиаде для студентов в области информационных технологий ИТ-Планета.

Стремительное развитие технологий в области телекоммуникаций и последующее усложнение устройств, используемых для построения мультисервисных вычислительных сетей, требует подготовки квалифицированных специалистов, способных поддерживать, обслуживать и развивать их. Понимая это, компания D-Link [1] разработала и развивает собственную программу обучения, направленную, в том числе, и на сотрудничество с учебными заведениями высшего и среднего образования с целью формирования в них благоприятной информационно-образовательной среды для подготовки квалифицированных специалистов.

Компания D-Link является ведущим мировым производителем сетевого оборудования, предлагающим широкий набор решений для создания локальных сетей Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet, построения беспроводных сетей и организации широкополосного доступа, передачи изображений и голоса по IP (VoIP).

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

Сотрудничество с учебными заведениями в рамках программы

обучения D-Link может развиваться в нескольких направлениях. Учебное заведение может:

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

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

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

Компанией разработаны оригинальные учебные материалы по коммутаторам локальных сетей, технологиям безопасности, беспроводному оборудованию и IP-телефонии.

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

Компания D-Link активно сотрудничает с преподавателями ведущих

ВУЗов страны с целью разработки учебных пособий по различным сетевым технологиям. Так совместно с преподавателями МГТУ им. Н.Э. Баумана изданы учебные пособия «Построение коммутируемых компьютерных сетей» и «Технологии коммутации и маршрутизации в локальных компьютерных сетях» с грифом УМО для направления «Информатика и вычислительная техника». Совместно с преподавателями Киевского университета имени Бориса Гринченко разработано и издано учебное пособие «Базовые технологии компьютерных сетей». Издано учебное пособие «Основы сетевых технологий», разработанное совместно с Уральским федеральным университетом им. Первого президента России Б.Н. Ельцина и имеющее гриф УМО для направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Совместно с преподавателями Рязанского государственного радиотехнического университета готовятся к изданию учебные пособия «Технологии разработки и создания компьютерных сетей на базе оборудования D-Link» и «Построение беспроводных сетей на базе оборудования D-Link» для направления «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». Безопасность компьютерных сетей и решения компании D-Link в этом направлении отражены в недавно вышедшей книге «Технологии защиты информации в компьютерных сетях. Межсетевые экраны и интернет-маршрутизаторы» [3].

Отдельно необходимо отметить разработку такого класса учебных материалов как видеолекции и online-презентации, доступные на сайте компании D-Link [6]. В настоящее время разработан и внедрен в учебный процесс курс видеолекций «Основы сетевых технологий» на факультете ВМиК МГУ. Online-презентации по технологиям цифрового дома, введению в маршрутизацию, основам коммутации, беспроводным технологиям различного уровня преследуют целью подготовить слушателей к прохождению обучения на портале дистанционного обучения D-Link [2] и последующей сдачи экзаменов с получением сертификатов компании.

Разработанные в России учебные пособия переводятся на английский язык и издаются за рубежом. Так книга по технологиям коммутации локальных сетей «Switching technologies in modern Ethernet networks», написанная совместно с преподавателями МГТУ им. Н.Э.Баумана, издана на Тайване и используется для поддержки международной программы обучения D-Link Academy.

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

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

учебном центре слушатели могут сдать сертификационный экзамен и получить сертификат D-Link.

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

В 2011 году компания D-Link запустила собственный российский портал дистанционного обучения [2]. Этот ресурс предназначен для всех, кто интересуется современными сетевыми технологиями. В настоящее время все желающие могут пройти обучение по курсам «Основы сетевых технологий. Базовый курс D-Link», «Технологии коммутации современных сетей Ethernet. Базовый курс D-Link», «Межсетевые экраны и Интернет-маршрутизаторы D-Link. Базовый курс», а также «D-Link CPE Installer: Ethernet, ADSL Routers». Готовятся к публикации курсы «Технологии коммутации и маршрутизации современных сетей Ethernet. Базовый курс D-Link», «Беспроводные сети. Базовый курс D-Link» и «Основы сетевой безопасности. Расширенный курс», разработанный совместно с МГУ. В настоящее время на портале зарегистрировалось и прошло обучение более 7700 человек, из них около 300 человек сдали экзамены и получили сертификаты D-Link.

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

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

мастер-классы по настройке оборудования и рассказывают про современные технологии для построения цифрового дома.

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

Компания D-Link является постоянным спонсором Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», регулярно проходящей в МГУ, а также является непременным участником ежегодных конференций «Проблемы передачи информации в телекоммуникационных системах» в ВолГУ, «Электронная Казань», представителей региональных научно-образовательных сетей RELARN, Недели науки МЭСИ, и т.д., где сотрудники компании выступают с докладами, посвященными современной сетевой проблематике. Представительство компании D-Link принимало участие в VII Международной научно-практической конференции «Информационные и коммуникационные технологии в образовании» («ИКТО-Екатеринбург-2013»), проходившей в городе Екатеринбург 16-17 мая 2013 года, организаторами которой стали Государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Свердловской области «Институт развития образования», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Virginia Institute of Technology, USA.

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

Также положено начало процессу создания базовых кафедр D-Link в

ВУЗах – в мае 2012 года такая кафедра создана на базе ФГБОУ ВПО «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н.Прянишникова».

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

В частности, такая лаборатория «Мультисервисных систем и сетей» создана на кафедре «Телекоммуникационных систем» Волгоградского государственного университета и предназначена для ведения не только лабораторных практикумов, но и для проведения научных исследований в области телекоммуникаций. Оборудование лабораторий кафедры позволяет строить масштабные модели типовых телекоммуникационных решений, применяемых в области ШПД.

Также организованы сетевые лаборатории на кафедре «Вычислительные системы и сети» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) и на кафедре «Информационные системы и технологии» Волгоградского государственного аграрного университета, где все желающие могут получить навыки работы с коммутаторами компании D-Link.

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

Масштабы Олимпиады впечатляют – если в 2009 году для участия в ней зарегистрировалось 6389 студентов из 570 различных учебных заведений, то в 2010 году число участников уже достигло 7065 из 664 учебных заведений, в 2011 году – 10595 участника, в 2012 – 11968 участников из 759 учебных заведений и такая тенденция, несомненно, будет сохраняться.

Из 11968 студентов, прошедших регистрацию для участия в IT-Олимпиаде, 3965 студентов из 307 учебных заведений подали заявку на участие в конкурсе «Протоколы, сервисы и оборудование», которую проводит компания D-Link.

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

На Рис.3 показано распределение заявок по конкурсам олимпиады, а на Рис.4 – количества пройденных тестов по конкурсам. На Рис.1 процентное соотношение заявок на конкурсы Олимпиады «IT-Планета

2012/13», показана статистика регистрации с разбивкой по странам.

Статистика регистрации с разбивкой по странам

Страна	Количество УЗ-участников, шт.	Количество студентов- участников, чел	Соотношение количества студентов из страны к общему количеству участников, %
Россия	553	8753	73%
Казахстан	82	1084	9%
Украина	106	1796	15%
Беларусь	18	335	3%
Всего	759	11968	100

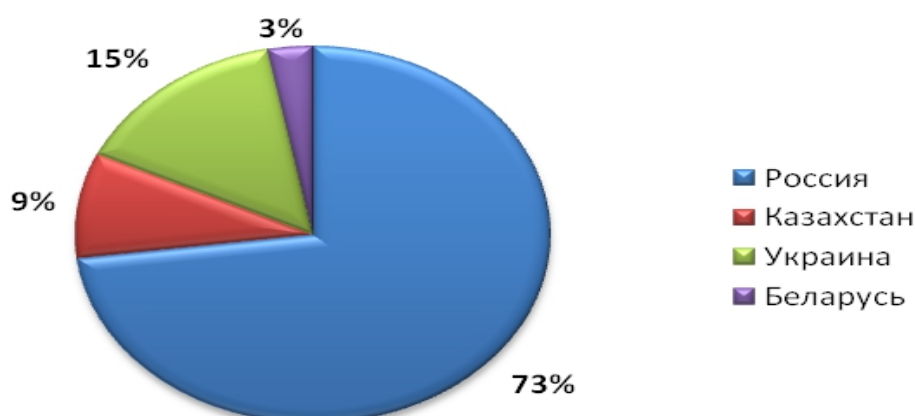


Рис.1 Разбивка количества зарегистрированных студентов по странам

Статистика регистрации с разбивкой по федеральным округам России

Федеральн ый округ	Количество УЗ- участников, шт.	Количество студентов- участников, чел	Соотношение к общему количеству участников из страны, %
ДФО	31	667	9,8
ПФО	138	1737	14,1
СЗФО	51	1074	14,9
СКФО	36	629	6,5
СФО	70	836	10,2
УФО	53	738	8,0
ЦФО	76	1187	12,9
ЮФО	98	1885	23,6
Всего	553	8753	100

Рис.2 Разбивка количества зарегистрированных студентов по федеральным округам России

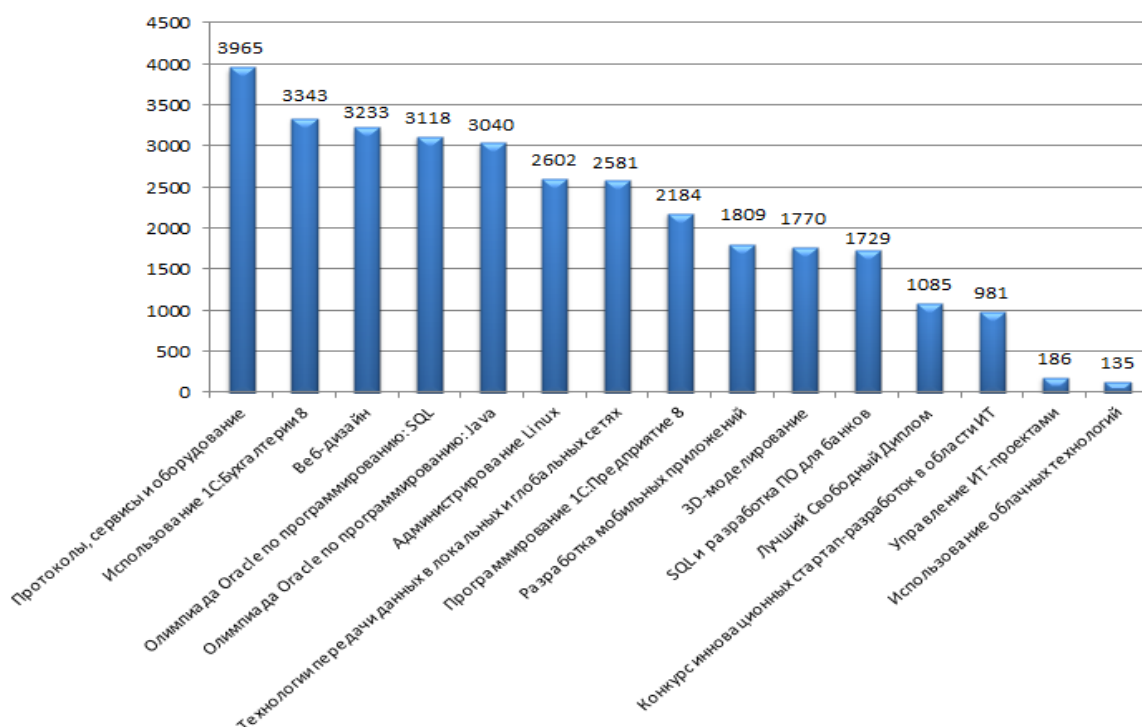


Рис.3 Количество заявок по конкурсам

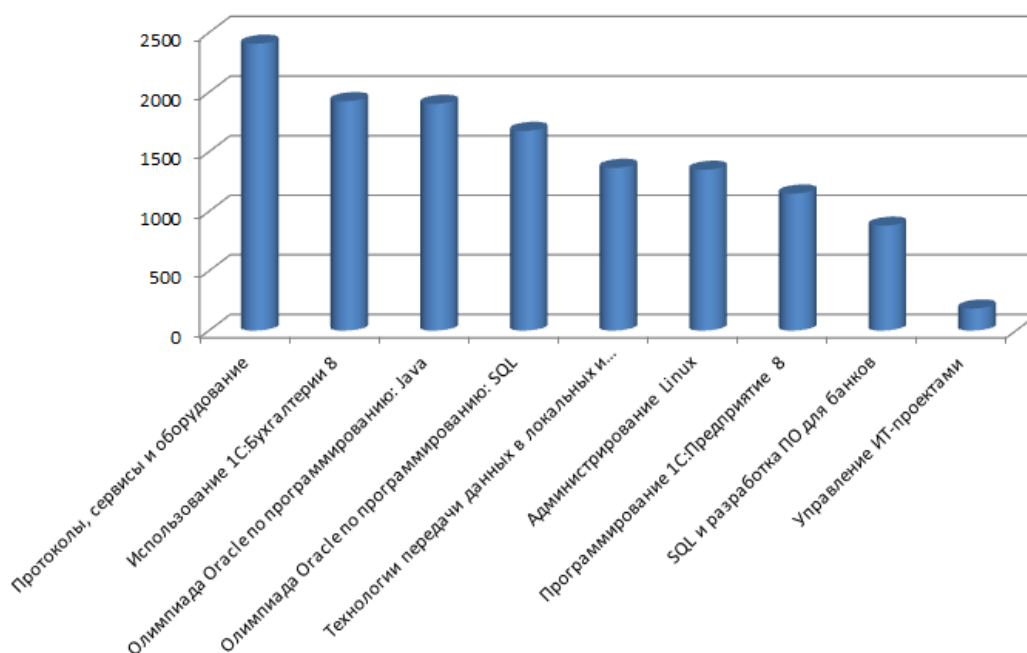


Рис.4. Количество пройденных тестов по конкурсам

Приведенные рисунки показывают, что номинация компании D-Link «Протоколы. Сервисы. Оборудование» пользуется наибольшей популярностью, что отражает динамичное развитие телекоммуникационной отрасли, возрастающего интереса к ней со стороны учебных заведений и студентов, и показывает правильность стратегии компании D-Link по работе с учебными заведениями.

О компании D-Link

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

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

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

Литература

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

Липунцов Ю.П.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, к.э.н., экономический факультет, lipuntsov@econ.msu.ru

Состав данных информационного обмена участников предметной области «Образование»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационный обмен, стандартизация, взаимодействие, модель образовательного учреждения.

АННОТАЦИЯ:

В статье показано, какие разделы в рамках образовательного учреждения подлежат стандартизации и как данные этих моделей можно использовать при взаимодействии с компаниями, регулирующими органами (в модели образовательного учреждения присутствует набор данных, который может быть использован для проведения аккредитации со стороны разных аккредитующих сторон). Дальнейшее развитие темы взаимодействия в сфере «Образование» предполагается осуществлять совместно с Центром тюнинга, организованного на экономическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова.

1. Категории контрагентов организации

Особенностью современной организации является активное информационное взаимодействие с разными категориями контрагентов. По степени активности взаимодействия и возможности реализовать детерминированную модель взаимодействия всю совокупность контрагентов отдельной организации можно разделить на три категории. В первую категорию попадают контрагенты, которые взаимодействуют в рамках профессионального сообщества, предметной области, вторая категория предполагает информационное взаимодействие с совокупностью организованных сообществ, а в третью категорию попадают все остальные контрагенты.

Для трех категорий участников свойственен разный характер взаимодействия: первая категория предполагает реализацию автоматического взаимодействия на основе модели предметной области, взаимодействия с контрагентами второй категории осуществляется путем автоматической публикации и получением данных. Участникам третьей категории предоставляется возможность получить совокупность услуг в рамках стандартного перечня услуг, а также дополнительные возможности по получению информации, ее анализу, и формированию предложений. Уровни информационного взаимодействия организации с разными категориями представителей внешней среды показаны на рисунке 1.

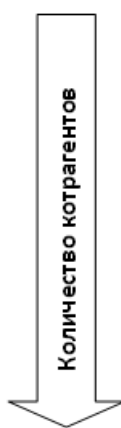
	Категория сообщества	Характер взаимодействия	Модель данных	Пример реализации
 Степень контроля среды	Сообщество участников предметной области	Автоматический обмен данными	Модель предметной области	Здравоохранение Образование
	Группы организованных сообществ	Автоматическая публикация и получение данных	Модель организации сбора и хранения данных	Государственная статистика (SDMX), Сеть репозитория (ADMS)
	Прочие участники	Автоматизация отдельных этапов, мониторинг и анализ процессов	Стандартизация при публикации материала Модель жизненного цикла данных	Порталы государственных услуг Открытые данные, Приложения на открытых данных
				 Количество контрагентов

Рисунок 1. Уровни информационного взаимодействия организации с внешней средой

2. Концептуальная модель информационного обмена в рамках сообщества предметной области «Образование»

Первая категория предполагает постоянное взаимодействие внутри сообщества между разными участниками и позволяет получать актуальные данные от первоисточника. Для организации обмена используется согласованная между всеми категориями участников модель предметной области, которая признается стандартом в рамках данного сообщества и дает возможность всем участникам самостоятельно определять состав предоставляемых данных.

В качестве примера рассмотрим организацию взаимодействия в сфере «Образование», основными участниками которой являются образовательные учреждения, учебно-методические объединения (УМО), институты аккредитации, регулятор в лице государственных органов, работодатели и ряд других участников. Одной из существенных проблем в этом секторе является сопоставление ожиданий заказчика в лице потенциального работодателя и результатов деятельности образовательного учреждения. Существует возможность создания инфраструктуры обмена между отдельными категориями участников этого процесса. В настоящее время накоплен достаточный опыт в области технологических и организационных практик, которые позволяют реализовать среду взаимодействия.

Рассмотрим основные категории производителей данных и публикуемых ими классов информационных активов.

Со стороны **государственных органов**, регулирующих деятельность в области образования посредством законов, в т.ч. ФЗ «Об образовании в

Российской Федерации» и подзаконные нормативные правовые акты по реализации образовательных программ высшего образования, вытекающие из закона, выходит следующий набор регламентных информационных ресурсов: порядок организации и осуществления образовательной деятельности, порядок проведения государственной итоговой аттестации, Положение о практике обучающихся, Перечень специальностей и направлений подготовки, Федеральные государственные образовательные стандарты, Порядок разработки примерных образовательных программ, Порядок приема на обучение и ряд других документов.

Международный опыт показывает, что для взаимодействия образовательных учреждений с работодателями необходим посредник в лице **института аккредитации**. Образовательные учреждения проходят процедуру аккредитации и получают заключение, которое в случае положительного результата может стать публичным. Процедуру аккредитации предполагает новый закон «Об образовании в РФ» (N 273-ФЗ), в котором определено три вида аккредитации: государственная, общественно-профессиональная и общественная. Проведением аккредитации занимаются аккредитационные агентства, которые привлекают экспертов и экспертные организации. В качестве экспертных организаций могут быть аккредитованные, в том числе, ассоциации профессиональных сообществ, такие как РСПП, Ассоциация менеджеров России, ТПП, Деловая Россия, Ассоциации российских банков, Гильдия маркетологов и т.д.

ФГБУ «**Национальное аккредитационное агентство в сфере образования**», на которое возложена функция государственной аккредитации образовательных организаций, ранее называлось «Информационно-методический центр», «Научно-информационный центр», что отражает информационную направленность деятельности этого учреждения.

Для проведения **аккредитации** используются критерии оценки разных аспектов деятельности образовательного учреждения, основная часть которых приходится на оценку образовательных программ, научной работы. В процессе аккредитации используются фонды оценочных средств, просматриваются итоговые работы студентов. Значительную роль в аккредитации занимают программы повышения качества оказания образовательных услуг, действующие в образовательном учреждении. В качестве дополнительных источников информации при аккредитации выступают взаимодействие с работодателем на предмет качества подготовки студентов, отслеживание успешности трудоустройства выпускников, их карьерного роста.

В настоящее время выстраивается последовательность действий для создания законченного процесса взаимодействия между отдельными участниками аккредитации, при этом роль государственных органов в этой

сфере существенно меняется, наблюдается тенденция к переходу от экспертизы государственных стандартов и государственной аккредитации к регулированию рынка, передача функций аккредитации экспертному сообществу.

При этом возникает проблема несоответствия предмета экспертизы со стороны государства и со стороны профессиональных участников, работодателей. Поэтому необходимо вырабатывать единые **аттестационные требования**.

Это особенно актуально в момент начала функционирования в сфере аккредитации Ассоциации классических университетов России (АКУР), образованной на базе МГУ им.М.В.Ломоносова⁶. Среди основных критериев оценки деятельности образовательного учреждения в методике аккредитации АКУР выделены миссия учреждения, цели образовательной программы, содержание образовательной программы, ее методическое обеспечение, организация и управление учебного процесса, кадры, студенты, социокультурная среда, обеспечивающая становление и развитие личности, научная работа, выпускники и трудоустройство, информационное сопровождение. Отдельное направление в системе аккредитации занимает система обеспечения культуры качества. Ассоциация планирует заниматься институциональной аккредитацией и аккредитацией программ. По результатам аккредитации программ может быть присвоен один из следующих статусов: базовая (члены АКУР, не члены АКУР), базовая для зарубежного вуза, международная (совместная), российская образовательная программа высшего качества.

В информационном обороте в сфере образования существенную роль играют **УМО**, которые занимаются разработкой организационно-методических материалов таких, как учебные планы образовательных программ, нормы материально-технического обеспечения. Помимо этого УМО выполняет аудит основных образовательных программ.

Осуществляется сбор данных для проведения **рейтингования** университетов. В настоящее время наиболее популярными в международной академической среде являются следующие рейтинги: Times Higher Education World University Ranking, Times Higher Education; World Best University Ranking- US News& World Report in cooperation with Quacquarelli Symonds, US; Global Universities Ranking – Reitor, Russia; EU University-Based Research Assessment – AUBR Working Group, European Commission; Shanghai Academic Ranking of World Universities (ARWU). Shanghai Ranking Consultancy, China.

Рассмотрим основные элементы методики Шанхайского рейтинга, который составляется в институте высшего образования Шанхайского университета Цзяо Тун. Основными критериями оценки является количество выпускников-лауреатов Нобелевской или Филдсовской премии

6 <http://www.acur.msu.ru/>

(10 процентов), количество сотрудников-лауреатов Нобелевской или Филдсовской премии (20 процентов), часто цитируемых исследователей в 21 категории (20 процентов), статьи, опубликованные в журналах Nature или Science (20 процентов), индексы цитирования для естественных и гуманитарных наук Института научной информации ([англ. Institute for Scientific Information, ISI](http://www.isinet.org/)) Science_Citation_Index и Social_Sciences_Citation_Index, индексы ведущих журналов Arts_and_Humanities_Citation_Index (20 процентов), а также размер университета (10 процентов).

Многие **учебные заведения** разрабатывают технологические решения для управления учебным процессом. При реализации проектов по созданию систем по автоматизации учебной деятельности включают такие разделы как составление учебного плана и его представление в виде расписания, реализация балльно-рейтинговой системы, тематическая классификация работ студентов и преподавателей, проверка работ на заимствования и ряд других разделов, характерных для любого образовательного учреждения.

Для совершенствования обмена в сфере образования необходимо стандартизировать совокупность информации, которая является обязательной для взаимодействия между образовательным учреждением с аккредитационным агентом и другими участниками этой сферы. Работы по аналогичной тематике проводились в рамках Болонского процесса, когда возникла необходимость сопоставлять результаты обучения разных университетов Европы при объединении стран Евросоюза и открытию рынка труда [2].

Процедуры взаимодействия разных категорий участников сферы «Образование» требуют создания среды, поскольку возникает необходимость взаимодействия на постоянной основе образовательного учреждения с аккредитационным агентством, агентства с экспертными организациями и т.д. Одной из основных проблем, которая существует в этой сфере – это наличие большого количества локальных систем, данных. При этом данные систем представляют собой разрозненные части, не сопоставимые по времени, относятся к разным уровням детализации. В этом направлении необходима работа по стандартизации представления информации.

Это позволит решить проблему масштаба в сфере аккредитации. По данным Росаккредагентства⁷ сейчас ежегодно аккредитуется около 200 программ, и стоимость аккредитации одной программы составляет примерно 150–200 тыс. рублей. При этом текущая потребность в ежегодной аккредитации составляет около 20 000. Выполнение такого объема при текущей стоимости не реально.

Это подтверждает статистика о числе образовательных учреждений в России: если в 1990 году число высших учебных заведений было 514 и все

⁷ <http://www.nica.ru/>

они были государственными, то в 2011 число государственных учреждений возросло до 660 и образовалось 610 частных образовательных учреждений, работающих в секторе высшего образования.

Создание информационной среды позволит выстроить прозрачный механизм контроля. Отдельными элементами создания такой среды является формирование реестра организаций, разработка требований для включения организаций в реестр и исключения из него, а также разработка процедур мониторинга деятельности и контроля качества работы образовательных организаций. Основные классы информационных объектов среды взаимодействия в сфере «Образование» приведены на рис.2.

Стандартизация основных правил описания деятельности образовательных учреждений является требованием текущего момента. Одним из направлений, в котором движется текущее законодательство в области образования, является открытость информации по работе образовательного учреждения: списки курсов, их содержание, публикаций сотрудников. Это предполагает централизованное управление информационными активами учреждения, выполнение процедур автоматической публикации в стандартизированном формате.



Рисунок 2. Основные группы классов информационных объектов среды взаимодействия в сфере «Образование»

Во многих случаях информация для оперативного управления учебным заведением, аккредитации, рейтингования, взаимодействия с работодателями – это пересекающаяся информация, с незначительной спецификой, присущей отдельным методикам. Поэтому необходимо ставить работу по управлению данными, выделять это в самостоятельное направление, как наиболее актуальный на текущий момент раздел информатизации этого сектора. Такие разделы управления данными,

выработка принципов централизованного управления данными, инвентаризация данных и распределение ответственности зачастую являются более важными, чем создание новых программных продуктов, которые будут работать на решение локальных задач без учета возможности повторного использования накапливаемых данных. Регулирующая роль государственных органов должна отразиться и на регулировании в области управления данными.

Путем создания качественной информационной базы, в которой будут взаимоувязаны базовые компоненты, образовательные учреждения, аккредитационные агентства, регуляторы, профессиональные сообщества получают инструмент для отслеживания состояния образовательных процессов, их анализа. Это также позволит создать набор информационных систем для представления ситуации в области образования широкому кругу пользователей и получение ответной реакции со стороны гражданского сообщества.

3. Элементы модели данных образовательного учреждения как основа для взаимодействия

В соответствии с текущим законодательством [12] каждая образовательная организация самостоятельно разрабатывает и утверждает следующие элементы образовательной программы:

- учебный план;
- календарный учебный график;
- рабочие программы учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), иных компонентов;
- оценочные и методические материалы.

В соответствии с законом в разных образовательных учреждениях возможны вариации в учебных планах, поэтому необходимо создать согласованную модель данных отдельных элементов процесса обучения и затем агрегировать информацию на основе этой модели данных для того, чтобы можно было производить сравнительный анализ полученной из разных образовательных учреждений информации. Агрегированную информацию можно использовать для согласования реализуемых учебных планов с запросами со стороны работодателей, а также для согласования учебных планов отдельных университетов при организации обмена студентами. Как обсуждалось выше, в рамках образовательного учреждения будем рассматривать две категории систем: система управления учебным планом (Curriculum Design System) и система управления обучающими ресурсами (LMS). Начнем с первой системы, предназначенной для формирования учебного плана и его реализации.

4. Модель данных системы управления учебным планом

Рассмотрим модель данных системы управления учебным планом, в которую попадают первые две из четырех позиций закона: составление учебного плана и его реализация в форме календарного учебного плана. Эта модель разработана на основе модели данных «Среды интеграции»

экономического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

В модели отражаются программы обучения, отдельные дисциплины, из которых формируется учебный план, персоны, выступающие в роли преподавателей, администрации или обучающихся. По результатам обучения отдельным дисциплинам студенты получают баллы, которые отражаются в ведомости. Система содержит блок классификации неструктурированных данных, который включает курсовые работы, выпускные квалификационные работы, магистерские и кандидатские диссертации, публикации сотрудников, а также места прохождения практик и стажировок.

Подробное описание функций и модели данных «Среды интеграции» описано в [24], здесь кратко остановимся на представлении отдельных модулей.

Студенты и сотрудники, основные пользователи системы представлены в блоке «**Персоны**», который включает три основные сущности: «PERSON», «STUDENT» и «EMPLOYEE». Описание подразделений приведено в сущности «DEPARTMENT», а деление студентов на группы в сущности «GROUP».

Программы обучения образовательного учреждения, как правило, имеют иерархическую классификацию по уровням, направлениям, программам обучения. В нашем случае блок программ представлен тремя сущностями:

- школы (DEGREE) с альтернативами: довузовская подготовка, бакалавриат, магистратура, специалитет, аспирантура, дополнительное образование;
- направления (PATH) – бакалавриат экономика, бакалавриат менеджмент и т.д.;
- программы (PROGRAM) – программы магистратуры, дополнительного образования.

Важным элементом системы управления учебным планом является классификация **периодов обучения**: семестры, триместры, их нумерация. Основные сущности:

- периоды (PERIOD) – классификатор периодов обучения по направлениям;
- коды направлений обучения по годам набора (PATH STARTYEAR) – установка трех параметров: года набора, года обучения и дата начала периода для классификатора программ второго уровня (PATH);
- пересечение периодов и кодов направлений (PERIOD PATH STARTYEAR) – детализация сущности PATH STARTYEAR по периодам обучения.

Основой деятельности учебного заведения является учебный план, который представляет собой перечень дисциплин и время на их изучение по программам обучения и периодам. Для построения учебного плана

используется сущность, агрегирующая информацию из трех первичных сущностей: «PERIOD», «PROGRAM» и «SUBJECT», и называется «PERIOD PROGRAM SUBJECT». Непосредственно **учебный план** (CURRICULUM) составляется с участием сущности «SUBJECT PERIOD PROGRAM» путем пересечения его с направлением обучения, представленного в сущности «PATH STARTYEAR». Таким образом, создается сущность «Учебный план» (CURRICULUM), которая служит для генерации кода позиции дисциплины в учебном плане студентов определенной программы обучения и года набора. Детальная информация об объеме преподаваемой дисциплины в часах по типам занятий представляется в сущности «Данные по учебному плану» (CURRICULUM DATA).

Одним из элементов оценивания работы студентов за период обучения являются курсовые, выпускные **квалификационные работы**, магистерские и кандидатские диссертации. В этом блоке представлены сущности с описанием тематик (THESIS THEME), которыми занимаются отдельные преподаватели. Информация об утвержденной теме работы приводится в сущности «Тема работы» (THESIS TOPIC), которая связана с позицией учебного плана, научным руководителем, студентом и тематикой.

Среда интеграции содержит большой объем текстов: работы студентов, публикации преподавателей, который нуждается в **классификации**. Для этого в системе используются несколько классификаторов: по направлениям изучения в экономике, секторам экономики, и классификатор профессий. На схеме (рис.3) отражена классификация работ студентов по академическому классификатору JEL (JEL). Для этого используются сущности «JEL» и «THESIS TOPIC JEL».

Одной из задач системы является выполнение **аккредитации** студентов и преподавателей на дисциплины системы управления материалами дисциплин (LMS). Для аккредитации пользователей на курсы сначала в LMS создаются курсы с помощью сущности Курсы LMS (LMS COURSE). Аккредитация пользователей на курсы осуществляется с использованием сущности Аккредитация (ACCREDITATION), которая является основой для выполнения аккредитации по двум основным ролям – преподаватель и студент. Для этого используются сущности «Аккредитация студентов» (ACCREDITATION STUDENT) и «Аккредитация преподавателей» (ACCREDITATION TEACHER).

Результаты обучения студентов заносятся в **ведомости**, формируемые на основе баллов поступающих из LMS. Аккредитованные на курсы студенты выполняют задания, и по результатам выполнения преподаватель проставляет баллы. Эти баллы поступают в среду интеграции и, на основе информации о количестве кредитов дисциплины, рассчитывается оценка студента. Эта операция реализуется с помощью двух сущностей «Ведомость» (MARKSHEET) и «Оценки студентов» (STUDENT MARK).

Сущность «Ведомость» (MARKSHEET) предназначена для отражения

факта наличия ведомости по определенному курсу, а «Оценки студентов» (STUDENT MARK) – для хранения оценок студентов по курсам. В этой сущности отражаются ведомость, баллы, бонусы, оценка, дата, преподаватель, предыдущая ведомость, если это ведомость на передачу, ранг студента по группе и ранг студента по курсу.

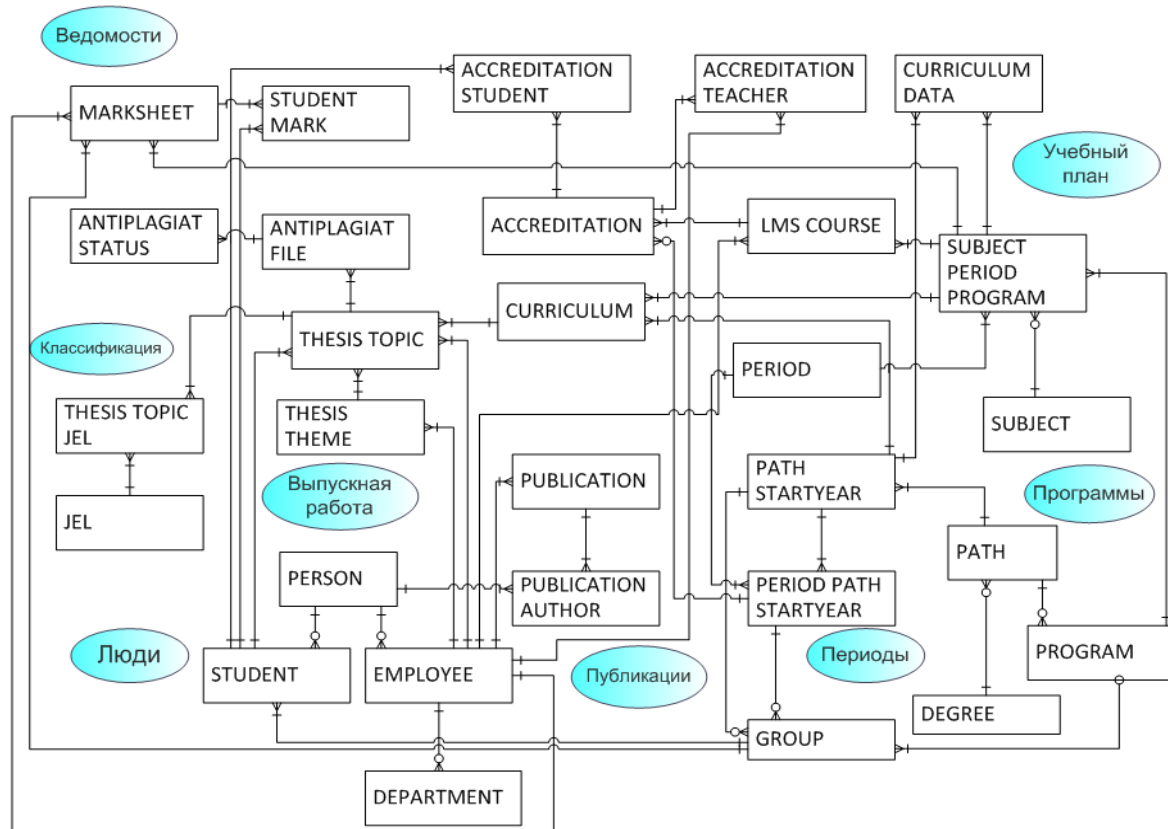


Рис 3. Схема данных системы управления учебным планом

Публикации преподавателей в схеме данных отражаются в двух сущностях: для описания публикаций создана сущность «Публикации» (PUBLICATION), а для описания соотношения между авторами и публикациями сущность «Публикации Автор» (PUBLICATION AUTHOR).

5. Заключение

Управление данными становится наиболее актуальным разделом информатизации. Имея необходимые данные в машиночитаемом виде пользователь способен самостоятельно решить многие вопросы, не прибегая к сложным технологическим приложениям. Решение задачи поставки актуальных качественных данных сопряжено как с содержательными, относящимися к определенной предметной области, так и технологическими вопросами.

Слой данных, его метаданные, особенно в части содержательных метаданных, является ключевым моментом развития информатизации и создания систем. В тексте рассмотрен пример работы со статистическими данными.

Одним из важных этапов перехода на взаимодействие с

использованием технологий семантического вэба является создание согласованной в рамках сообщества пользователей модели данных. В статье рассмотрен круг вопросов, решение которых необходимо для организации взаимодействия трех категорий участников в сфере образования: образовательные учреждения, работодатели и регулирующие органы. Многие образовательные учреждения занимаются созданием приложений для взаимодействия в рамках одной организации. Стандартизация моделей данных позволит организовать взаимодействие, как между учреждениями, так и образовательных учреждений с другими категориями участников.

Рассмотренные в статье модели данных, которые могут использоваться в качестве основы для организации взаимодействия в рамках сообщества пользователей, приведены в идеологии реляционной модели. Наиболее перспективная технология интеграции — это технология семантического вэба, которая используется, в том числе, в рассмотренных примерах публикации открытых данных и реализации взаимодействия по морской тематике.

Две формы представления модели предметной области – реляционная модель и модель семантического вэба – могут быть конвертированы одна в другую. Для перевода реляционной модели в RDF-формат необходимо выполнить ряд действий, которые описаны в методических указаниях по подготовке RDF файлов на основе реляционных моделей [17].

Литература

1. Data Documentation Initiative [сайт] URL: <http://www.ddialliance.org> (дата обращения: 18/05/2013)
2. Demartini, G., Enchev, I., Gapany, J., Cudré-Mauroux, P. The Bowlogna Ontology: Fostering Open Curricula and Agile Knowledge Bases for Europe's Higher Education Landscape. //Semantic Web 2011, №2 p.52-64.
3. Finkelstein, C. Enterprise Architecture for Integration. Rapid Delivery Methods and Technologies. Boston London: Artech house. 2006
4. N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Федеральный закон от 29.12.2012.
5. Ostin, C. Competency Data for Training Automation. Ostin Consulting. 2005
6. Pellegrino, M. Maintaining the quality of EU statistics while enabling re-use. Eurostat. SEMIC 2013. Dublin: 2013
7. Project Manager Competency Development Framework. Newtown Square: Project Management Institute. 2011
8. Cookbook for translating relational data models to RDF schemas. PwC EU Services EESV, ISA programme 2012. Brussels, Belgium:
9. Булатов, В. А., Липунцов, Ю. П. Среда интеграции информационных ресурсов образовательного учреждения. // Информатизация образования и науки, 2013 №4, в печати.
10. Информационная система управления ИСУ НИУ ИТМО [Электронный ресурс] // ИСУ НИУ ИТМО [сайт] URL: <https://isu.ifmo.ru/> (дата обращения: 12/05/2013)
11. Кабинет студента МГТУ им.Н.Э.Баумана [Электронный ресурс] // МГТУ им.Н.Э.Баумана [сайт] URL: <http://students.bmstu.ru/cabinet/> (дата обращения: 12/05/2013)
12. Личный кабинет сотрудников и студентов экономического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова[Электронный ресурс] // Экономический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова [сайт] URL: lk.econ.msu.ru (дата обращения: 12/05/2013) .

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

Кузенков О.А.¹, Тихомиров В.В.²

¹ Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, kuoa7@uic.nnov.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, zedum@cs.msu.su

Использование методологии «TUNING» при разработке национальных рамок компетенций в области ИКТ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информатика, менеджмент, европейские рамки, компетенции, квалификации, дескрипторы, Tuning.

АННОТАЦИЯ:

В работе проведен анализ европейских рамок компетенций в области ИКТ. С помощью методологии Tuning на основе проведенных исследований российских и международных образовательных стандартов в области информационных технологий было предложено пополнить европейские рамки компетенциями, позволяющими подчеркнуть фундаментальность национальных стандартов. Предложенный набор компетенций коррелирует с европейскими ИКТ компетенциями.

1. При разработке национальных квалификационных и компетентностных рамок ИНФОРМАТИКА И МЕНЕДЖМЕНТ наряду с использованием результатов работы над европейскими рамками компетенций в области ИКТ, целесообразно учитывать весь накопленный к этому времени опыт создания профессиональных и образовательных стандартов как международных, так и отечественных. В частности нельзя игнорировать идеи и достижения, зафиксированные в международном стандарте Computing Curricular 2006 (2013), профессиональные стандарты в области информационных технологий, созданные АПКИТ, федеральные государственные образовательные стандарты и самостоятельно устанавливаемые образовательные стандарты ведущих вузов России по соответствующим образовательным направлениям. Кроме того, весьма полезным является использование методологии проекта TUNING.

Можно отметить, что в перечень предметных групп (SAG – Subject Area Group), сформированных в рамках проекта «TUNING RUSSIA» в числе прочих входили группы ИКТ и «Менеджмент». В эти группах были представлены ведущие вузы России:

- Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова;
- Московская государственная академия управления бизнесом;
- Астраханский государственный университет;
- Московский государственный университет путей сообщения;

- Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского;
- Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого;
- Тверской государственный университет;
- Северо-Кавказский Федеральный Университет;
- Донской государственный технический университет.

В работе групп также принимали участие эксперты европейских вузов – Университета Деусто (Бильбао, Испания) и Колледжа Троицы (Дублин, Ирландия).

2. Ключевую роль в новых стандартах имеет компетентностный подход, который позволяет сформулировать квалификационные требования и цели образования в виде системы компетенций, понятных как студенту, выпускнику, работнику, так и работодателю.

В этом смысле все современные стандарты, построенные на основе компетентностного подхода, будут обладать внутренним логическим единством.

На первом этапе работы участники SAG сформировали список специальных компетенций предметной области. Для ИКТ этот список включал 16 специальных (профессиональных) компетенций. Для характеристики профессиональной деятельности выпускника использовались перечни компетенций ФГОС соответствующих направлений, единая европейская рамка компетенций в области ИКТ, международные и отечественные профессиональные стандарты в этой области.

К ним были добавлены 30 общих (общекультурных) компетенций, общих для всех направлений. После этого были проведены социологические исследования, направленные на выяснение значимости сформулированных компетенций для преподавателей, студентов, выпускников и работодателей в сфере ИКТ. Для оценки привлекались сотрудники ведущих корпораций и предприятий, в частности, занятых в области информационных технологий: Интел, Телека, Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е.Седакова, Федеральный ядерный центр, Нижегородский центр новых информационных технологий и др. Общее количество опрошенных превышало пять тысяч человек. По пятибалльной шкале оценивались значимость компетенции для выпускника или сотрудника фирмы, уровень ее достижимости на современном этапе образования, а также устанавливался рейтинг важнейших компетенций.

3. На втором этапе работы было проведено обсуждение результатов опроса и выделены компетенции, обладающие наиболее высокой значимостью для всех заинтересованных сторон. Для ИКТ этот итоговый перечень содержал следующие общие компетенции (нумерация приводится в соответствии с полным списком общих компетенций по проекту TUNING, последовательность компетенций в списке соответствует уровню их

значимости, определенном участниками SAG на основе социологических опросов):

- g-1. Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу;
- g-2. Умение работать в команде;
- g-6. Способность применять знания на практике;
- g-9. Способность к самообразованию;
- g-22. Способность находить, обрабатывать и анализировать информацию из разных источников;
- g-26. Знание и понимание предметной области и профессии;
- g-29. Нацеленность на достижение результата;
- g-5. Способность разрабатывать и управлять проектами;
- g-7. Способность общаться на иностранном языке;
- g-10. Способность к общению в устной и письменной форме на родном языке.

Вторая часть списка содержала специальные компетенции предметной области. Эта часть списка для ИКТ включала следующие способности:

- s-1. Анализировать предметную область, идентифицировать, классифицировать и описывать проблемы; находить методы и подходы к их решению;
- s-2. Проектировать ИКТ системы, включая проведение моделирования (формального описания) их структуры и процессов;
- s-3. Разрабатывать ИКТ системы;
- s-4. Развертывать, устанавливать, интегрировать, вводить в эксплуатацию и обслуживать ИКТ системы и их элементы;
- s-5. Гарантировать качество ИКТ систем в соответствии с техническим заданием;
- s-6. Развивать и реализовывать новые конкурентоспособные идеи в области ИКТ;
- s-8. Анализировать, выбирать и применять методы и средства для обеспечения информационной безопасности;
- s-7. Знать спецификации, стандарты, правила и рекомендации в профессиональной области, следовать им, оценивать степень обоснованности их применения;
- s-10. Обеспечивать техническую поддержку и обучение пользователей ИКТ систем;
- s-11. Применять и развивать фундаментальные и междисциплинарные знания, включая математические и научные принципы, численные методы, средства (включая программное обеспечение в соответствии с профилем подготовки) и нотации для успешного решения проблем.

4. Обзор e-CF 2.0

Таблица 1

дескриптор 1 5 областей e-CF	дескриптор 2 36 определенных ИКТ-компетенций	дескриптор 3 профессиональные уровни компетенций (e-1 – e-5 e-CF, соответствуют уровням EQF 3-8)				
		e-1	e-2	e-3	e-4	e-5
А. ПЛАНИРОВАНИЕ						
	A1. Согласование ИС и бизнес-стратегии					
	A2. Управление уровнем услуг					
	A3. Бизнес-планирование					
	A4. Планирование работ или продуктов					
	A5. Проектирование архитектуры ИС					
	A6. Проектирование приложений					
	A7. Анализ новых технологий					
	A8. Устойчивое развитие ¹					
В. РЕАЛИЗАЦИЯ						
	B1. Проектирование и разработка					
	B2. Интеграция систем					
	B3. Тестирование					
	B4. Развертывание решений					
	B5. Документирование					
С. ЭКСПЛУАТАЦИЯ						
	C1. Поддержка пользователей					
	C2. Поддержка изменений					
	C3. Предоставление услуг					
	C4. Управление проблемами					
Д. ОБЕСПЕЧЕНИЕ						
	D1. Разработка стратегии информационной безопасности					
	D2. Разработка стратегии обеспечения качества ИС					
	D3. Обеспечение подготовки и обучения					
	D4. Обеспечение закупок					
	D5. Разработка коммерческих предложений					
	D6. Управление каналами продаж					
	D7. Управление продажами					
	D8. Управление контрактами					
	D9. Развитие персонала					
	D10. Управление информацией и знаниями					
Е. УПРАВЛЕНИЕ						
	E1. Разработка прогнозов					
	E2. Управление проектами и портфелями проектов					
	E3. Управление рисками					
	E4. Управление взаимоотношениями					
	E5. Оптимизация процессов					
	E6. Управление качеством ИС					
	E7. Управление изменениями					
	E8. Управление информационной безопасностью					
	E9. Руководство развитием ИС					

Зарубежная практика формирования компетенций показывает, что наиболее часто применяют 4-6 групп компетенций, с 4-5 компетенциями

внутри каждой группы. Увеличение численного состава компетенций, принимаемых для описания компетентностной модели специалиста, будет усложнять процедуры формирования и применения оценочных средств, адаптированных к компетентностному подходу, в процессе аттестации (сертификации) компетенций специалистов.

Аналогичную структуру имеет европейская рамка ИКТ компетенций. Она состоит из 5 групп компетенций: А Планирование, В Реализация, С Эксплуатация, D Обеспечение, Е Управление (названия групп приведены по официальному переводу Европейской рамки на русский язык). Каждая из этих групп содержит от 4 до 9 детализирующих компетенций. Обзор 36 компетенций e-CF 2.0 представлен в таблице 1.

При этом можно заметить явную корреляцию между перечнем специальных компетенций ИКТ и перечнем групп Европейской рамки компетенций (см. таблицу 2)

5. Сравнение ECF, НРК и TUNING: Способность

Таблица 2

ECF	НРК	TUNING: Способность
A. PLAN	А. ПЛАНИРОВАНИЕ	-проектировать ИКТ системы, включая проведение моделирования (формального описания) их структуры и процессов
A.1. IS and Business Strategy Alignment A.2. Service Level Management A.3. Business Plan Development A.4. Product or Project Planning A.5. Design Architecture A.6. Application Design A.7. Technology Watching A.8. Sustainable Development	A1. Согласование ИС и бизнес-стратегии A2. Управление уровнем услуг A3. Бизнес-планирование A4. Планирование работ или продуктов A5. Проектирование архитектуры ИС A6. Проектирование приложений A7. Анализ новых технологий A8. Устойчивое развитие ¹	
B. BUILD	В. РЕАЛИЗАЦИЯ	-разрабатывать ИКТ системы
B.1. Design and Development B.2. Systems Integration B.3. Testing B.4. Solution Deployment B.5. Documentation Production	B1. Проектирование и разработка B2. Интеграция систем B3. Тестирование B4. Развертывание решений B5. Документирование	
C. RUN	С. ЭКСПЛУАТАЦИЯ	-развертывать, устанавливать, интегрировать, вводить в эксплуатацию и обслуживать ИКТ

		системы и их элементы
C.1. User Support C.2. Change Support C.3. Service Delivery C.4. Problem Management	C1. Поддержка пользователей C2. Поддержка изменений C3. Предоставление услуг C4. Управление проблемами	
D. ENABLE	D. ОБЕСПЕЧЕНИЕ	-обеспечивать техническую поддержку и обучение пользователей ИКТ систем;
D.1. Information Security Strategy Development D.2. ICT Quality Strategy Development D.3. Education and Training Provision D.4. Purchasing D.5. Sales Proposal Development D.6. Channel Management D.7. Sales Management D.8. Contract Management D.9. Personnel Development D.10. Information and Knowledge Management	D1. Разработка стратегии информац-ной безопасности D2. Разработка стратегии обеспечения качества ИС D3. Обеспечение подготовки и обучения D4. Обеспечение закупок D5. Разработка коммерческих предложений D6. Управление каналами продаж D7. Управление продажами D8. Управление контрактами D9. Развитие персонала D10. Управление информацией и знаниями	
E. MANAGEMENT	E. УПРАВЛЕНИЕ	-способность управлять проектами
E.1. Forecast Development E.2. Project and Portfolio Management E.3. Risk Management E.4. Relationship Management E.5. Process Improvement E.6. ICT Quality Management E.7. Business Change Management E.8. Information Security Management E.9. IT Governance	E1. Разработка прогнозов E2. Управление проектами и портфелями проектов E3. Управление рисками E4. Управление взаимоотношениями E5. Оптимизация процессов E6. Управление качеством ИС E7. Управление изменениями E8. Управление информацией-онной безопасностью E9. Руководство развитием ИС	

6. На третьем этапе проекта TUNING список компетенций был свернут в обобщающие группы – макрокомпетенции и установлены взаимосвязи между ними. На основе европейских рекомендаций производилось обобщение и укрупнение определений и требований, сформулированных в исходном списке компетенций, в то же время, расширение и глубокая детализация их с учетом конкретных условий применения. Так список ИКТ содержал пять макрокомпетнций.

1. Способность к восприятию, обобщению и анализу информации.

2. Способность к саморазвитию и самосовершенствованию.
3. Способность к включению в профессиональное сообщество.
4. Способность понимать, применять и развивать математические знания, основные законы естествознания, знания предметной области (в рамках профессиональной деятельности) и базовые принципы ИТ.
5. Способность разрабатывать, реализовывать и координировать процессы жизненного цикла информационных систем, технологий и программных продуктов.

Отметим, что перечень макрокомпетенций согласуется с принципами, рекомендуемыми международным стандартом Computing Curricular. Этот стандарт выделяет пять качественно различных сфер деятельности в области ИКТ:

1. Computer science;
2. Software engineering;
3. Information systems;
4. Information technology;
5. Computer engineering.

При этом четвертая из сформированных макрокомпетенций в наибольшей степени отражает требования деятельности в сфере Computer science, пятая макрокомпетенция – в сфере Information systems. Кроме того, новые версии стандарта особое внимание уделяют способности к саморазвитию и самообразованию, формулируя ее как отдельное основополагающее требование. Этому соответствует вторая макрокомпетенция. Две другие макрокомпетенции в большей степени касаются личностных качеств выпускника и связаны с общими (общекультурными) требованиями.

Для каждой компетенции разрабатывалась карта компетенции. Методология TUNING для составления карты компетенции предлагает ее описание через набор индикаторов, которые показывают конкретные качественные аспекты освоения указанной компетенции. Кроме этого определяются несколько уровней освоения компетенции. На каждом уровне количественная степень освоения каждого индикатора характеризуется дескрипторами. Чаще всего для построения карты компетенции используются пять индикаторов, два-три уровня мастерства и пять дескрипторов.

7. Для определения уровней и дескрипторов использовались следующие таблицы значений.

Таблица 3. Уровни

Уровни	Значения
1	Уровень технической грамотности Уровень низшего исполнительского звена.

2	Уровень понимания концепций и способности их использования Уровень менеджера среднего звена.
3	Уровень углубленного детального владения (уровень эксперта). Уровень менеджера высшего звена.

Дескрипторы

Дескрипторы	Качественное описание	Количественная оценка
1	Данный уровень компетенции полностью не освоен. Полное отсутствие владения материалом;	0 – 20%
2	Степень освоения данного уровня компетенции недостаточна для достижения основных целей обучения; допускаются значительные ошибки.	20 – 50 %
3	Минимальная допустимая степень освоения данного уровня компетенции, необходимая для достижения основных целей обучения. Могут допускаться ошибки, не имеющие решающего значения для освоения данного уровня. владение минимальным материалом, необходимым по данному предмету, с рядом ошибок, способность решения основных задач.	50 – 70 %
4	Данный уровень компетенции в целом освоен. Достаточное владение основным материалом с некоторыми погрешностями, способность решения широкого круга стандартных задач	70 – 90 %
5	Уровень компетенции освоен полностью. Освоение осуществлено выше обязательных требований, демонстрируются качества, связанные с проявлением данного уровня компетенции в широком диапазоне. Проявляется связь со сформированностью других компетенций. Свободное владение основным и дополнительным материалом без ошибок и погрешностей. Умение решать дополнительные задачи повышенной сложности.	90 – 100%

Обратим внимание, что на той же самой основе строится и Европейская рамка компетенций: для каждой компетенции создается карта, которая позволяет четко идентифицировать ее содержание, конкретизирует круг требований этой компетенции. При построении карты компетенции используются уровни и дескрипторы (которые в методологии ТЮНИНГ идентичны индикаторам – качественным показателям). В Европейской рамке все компетенции приведены к пяти уровням так, что каждая

компетенция определяется для двух – четырех уровней освоения. При этом выполняется основное логическое требование – четко прослеживается качественное возрастание требований при переходе от низшего уровня к высшему.

8. Фундаментальность.

Следует отметить, что один из дескрипторов Европейской рамки относится к определению знаний, необходимых для освоения данной компетенции. В карте каждой компетенции прописываются соответствующие ей знания по уровням освоения. Но при этом выделяются только узкопрофессиональные знания. Российская традиция образования предполагает, что специалисты высокого уровня своей профессиональной работе опираются не только на жестко профилированные знания, но и на широкий круг фундаментальных знаний. Фундаментальность составляет специфическую выигрышную особенность российского образования. Если обратиться к профессиональным стандартам в области информационных технологий, созданных российскими экспертами АПКИТ, то можно заметить, что в перечне профессиональных требований, предъявляемых к разным категориям специалистов, присутствуют не только конкретные знания профессиональной области, но и фундаментальные знания, необходимые для успешного выполнения должностных обязанностей. В частности, в этом стандарте встречаются требования знаний следующих фундаментальных предметов:

- Численные методы;
- Дискретная математика;
- Теория графов;
- Математический анализ;
- Функциональный анализ;
- Методы принятия решений;
- Основы статистики;
- Операционные системы;
- Теория баз данных;
- Основы математического моделирования;
- Русский язык и культура речи;
- Английский язык на техническом уровне;
- Основы конфликтологии и психологии;
- Теория управления;
- Теория системного анализа и др.

Очевидно, что при разработке национальной рамки следует учесть этот опыт и соответствующие требования российских предпринимателей.

Проиллюстрируем построение карты компетенции на примере общекультурной компетенции g-1. «Способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу». Для нее были выделены три индикатора

1. Способность к анализу систем и ситуаций;

2. Способность использовать процедуры логического вывода;
3. Способность к синтезу модели и решения проблемной ситуации;
4. Также определены три уровня освоения компетенции;
5. Использование элементарных логических процедур для понимания конкретной системы или ситуации;
6. Владение техническими средствами поддержки анализа и синтеза;
7. Использование логического анализа реальной ситуации или случая, чтобы найти оптимальное решение и генерировать новые идеи.

На каждом уровне индикаторы получали соответствующую конкретизацию:

1 уровень:

- анализ реальной системы или ситуации для выделения главных составных частей и определяющих факторов;
- использование элементарных процедур логического вывода;
- установление взаимосвязей между составными частями и факторами конкретной системы или ситуации.

2 уровень:

- владение основными техническими средствами анализа и применение их в анализе конкретных ситуаций и случаев;
- владение основными законами формальной логики;
- владение приемами математического и компьютерного моделирования для синтеза моделей реальных систем.

3 уровень

- владение приемами системного анализа;
- использование логических процедур для получения новых знаний;
- использование моделей реальных систем для синтеза оптимальных решений в проблемных ситуациях.

Степень освоения компетенции на каждом уровне по каждому индикатору оценивалась с помощью пяти дескрипторов. Например, для индикатора первого уровня «Анализ реальной системы или ситуации для выделения главных составных частей и определяющих факторов» система дескрипторов имеет следующий вид.

1. Не выделяет главные составные части и определяющие факторы конкретной системы или ситуации.
2. Ошибается в выделении главных составных частей и определяющих факторов конкретной системы или ситуации.
3. Корректно выделяет все определяющие факторы и составные части конкретной системы или ситуации.
4. Классифицирует главные факторы и составные части конкретной системы или ситуации по степени значимости.
5. Сопоставляет анализ конкретной системы с анализом аналогичных систем, использует предыдущий опыт для анализа конкретной системы.

Построенная система дескрипторов закладывается в основу создания оценочных материалов для контроля освоения каждой компетенции.

На основе проведенного анализа можно сформулировать некоторые рекомендации, которые целесообразно учитывать при разработке национальной (отраслевой) рамки.

1. Осуществлять разработку, опираясь на опыт Европейской рамки компетенций в области ИКТ, международного стандарта Computing Curricular, профессиональных российских стандартов АПКИТ, используя методологию TUNING.
2. В дескриптор, описывающий знания для данной компетенции, включать не только узкопрофессиональные знания, но и фундаментальные, необходимые для совершенного освоения данной компетенции (по примеру стандарта АПКИТ).

Литература

1. Адаптация и внедрение Европейской рамки ИКТ-компетенций в России // Качество образования. 2011. №9. С. 36-39.
2. Соглашение рабочей группы CEN. Европейская рамка ИКТ-компетенций 2.0. Часть 1. Общая европейская рамка компетенций ИКТ-специалистов для всех секторов индустрии. М., 2011. (http://www.ecompetences.eu//site/objects/download/6197_rusCWA162341Part12010.pdf) С. 10-36.
3. Профессиональные стандарты в области информационных технологий. – М., 2008. С. 13-44.
4. Competence-based learning. Bilbao, 2008. С. 15-30.
5. Tuning educational structures in Europe. Bilbao, 2010. С. 5-16.
6. Гергель В.П., Гугина Е.В., Кузенков О.А. Разработка образовательного стандарта Нижегородского госуниверситета по направлению «Фундаментальная информатика и информационные технологии»// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сб. докладов V Международной научно-практической конференции 8-10 ноября 2010 г. М., 2010. С. 51-60.
7. Гугина Е.В., Кузенков О.А. Использование методологии проекта TUNING при разработке образовательных стандартов Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского//Опыт внедрения федеральных государственных образовательных стандартов учреждениями профессионального образования: мониторинг вузов и колледжей. Материалы семинара-совещания для руководящих работников учреждений профессионального образования Приволжского федерального округа. Саратов. Издательство Саратовского университета, 2012. С. 222-227.

Гринченко С.Н.¹, Щапова Ю.Л.²

¹ Институт проблем информатики Российской Академии наук (ИПИ РАН), главный научный сотрудник, д.т.н., профессор, sgrinchenko@ipiran.ru

² Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова (МГУ), профессор кафедры археологии исторического факультета, д.и.н., профессор, y_schapov@mail.ru

Информационные технологии в историческом прошлом человечества

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационные технологии, система Человечества, самоуправляемость, метаэволюция, иерархическая адаптивная поисковая оптимизация, ряд Фибоначчи, археологическая эпоха, информационные революции.

АННОТАЦИЯ:

Место и роль информационных технологий (в широком смысле) в истории Человечества рассмотрены с позиций следующих моделей: а) Человечества как самоуправляющейся иерархической системы, в эволюционном развитии которой выделены моменты системно-информационных переворотов и технологических революций; б) интерпретации основных этапов его исторического развития (в археологическую эпоху) посредством ряда Фибоначчи. Модельные подходы сопоставлены между собой и с имеющимися эмпирическими данными. Сделаны выводы о ведущей роли информационных технологий в историческом развитии Человечества как целого.

Информационные технологии (ИТ) часто понимают как компьютерные технологии. Это получило отражение в ГОСТ 34.003-90: ИТ – «приёмы, способы и методы применения средств вычислительной техники при выполнении функций сбора, хранения, обработки, передачи и использования данных» [1]. Но возникает вопрос: может ли человек выполнять эти перечисленные выше функции и процессы только с помощью «средств вычислительной техники»? Или всё-таки *не только* на их базе?

Как показывает практика, большинство этих функций были успешно реализованы до появления компьютеров – на основе и с помощью книг, брошюр, библиографических указателей, каталогов, картотек и других тиражируемых бумажных носителей – а иногда и без таковых, просто мнемонически, запоминанием и последующим устным воспроизведением нужной информации. При этом бумажные носители не исчезли и не потеряли значения и в «электронный век», правда, понизив свой статус на фоне новых компьютерных и сетевых ИТ. Следовательно, «привязка» ИТ

конкретно к электронному носителю («средствам вычислительной техники») представляется избыточной и неоправданно сужающей область их существования и использования.

Такую точку зрения инициирует рассмотрение существа и эволюции роли ИТ в контексте исторического развития Человечества. Мы выявили моменты времени, которые можно было бы отождествить с появлением новых ИТ. В ретроспективе к ним следует относить изобретение книгопечатания, компьютеров и сетевых ИТ, создание письменности, возникновение членораздельной речи, появление языка мимики и жестов, формирование сигнальных поз и звуков – вплоть до начальной точки этого процесса – цефализации позвоночных [2].

Нам удалось установить поразительный факт: периоды между переломными моментами формирования новых ИТ отнюдь не произвольны – напротив, они связаны простейшей математической закономерностью! Этот факт свидетельствует, что в основе эволюционного развития личностно-производственно-социальной системы Человечества (или «самоуправляющейся системы Человечества») должны лежать фундаментальные законы Мироздания [2].

Рассмотрим роль ИТ в историческом развитии Человечества более подробно.

1. О периодизации исторического процесса

Выявлять и строить периодизацию развития Человечества можно разными способами. Наиболее распространены индуктивные, опирающиеся на непосредственный сбор и оценку возраста артефактов по сохранившимся и дошедшим до нас следам и ископаемым останкам человека, геологическим и биологическим метаморфозам, по приметам в искусственной среде обитания, материальном производстве, социальной организации и духовной культуре.

Однако эти методы не исчерпывают возможные подходы к периодизации исторического процесса. Их дополняют междисциплинарные дедуктивные методы и подходы, выходящие за рамки понятия «развитие Человечества», и фундаментальные законы природы.

2. Информатико-кибернетический подход

К их числу относится *информатико-кибернетический* подход, с позиций которого структура и развитие Человечества может быть объяснено в терминах структуры и приспособительного поведения иерархической адаптивной поисково-оптимизирующейся системы [2-3]. Такая модель позволяет рассчитывать хронологические отрезки между *смежными моментами* возникновения *новых ярусов* в иерархии (т.е. моментами «системных переворотов» в истории Человечества ... 28,23 млн. л. до н.э. – 1,86 млн. л. до н.э. – 121 тыс. л. до н.э. – 6,1 тыс. л. до н.э. – ~1446 г. н.э. – ~1946 г. – ~1979 г. – ~1981 г. – ~1981 г. – ~1981 г. – ...) – см. рис. 1 и 2.

Системные перевороты соотносятся как $e^e = 15,15426...$ к одному и образуют геометрическую прогрессию. Числовой ряд с этим знаменателем впервые получили А.В.Жирмунский и В.И.Кузьмин (далее РЖК) при исследовании критических уровней в развитии биологических систем [4].

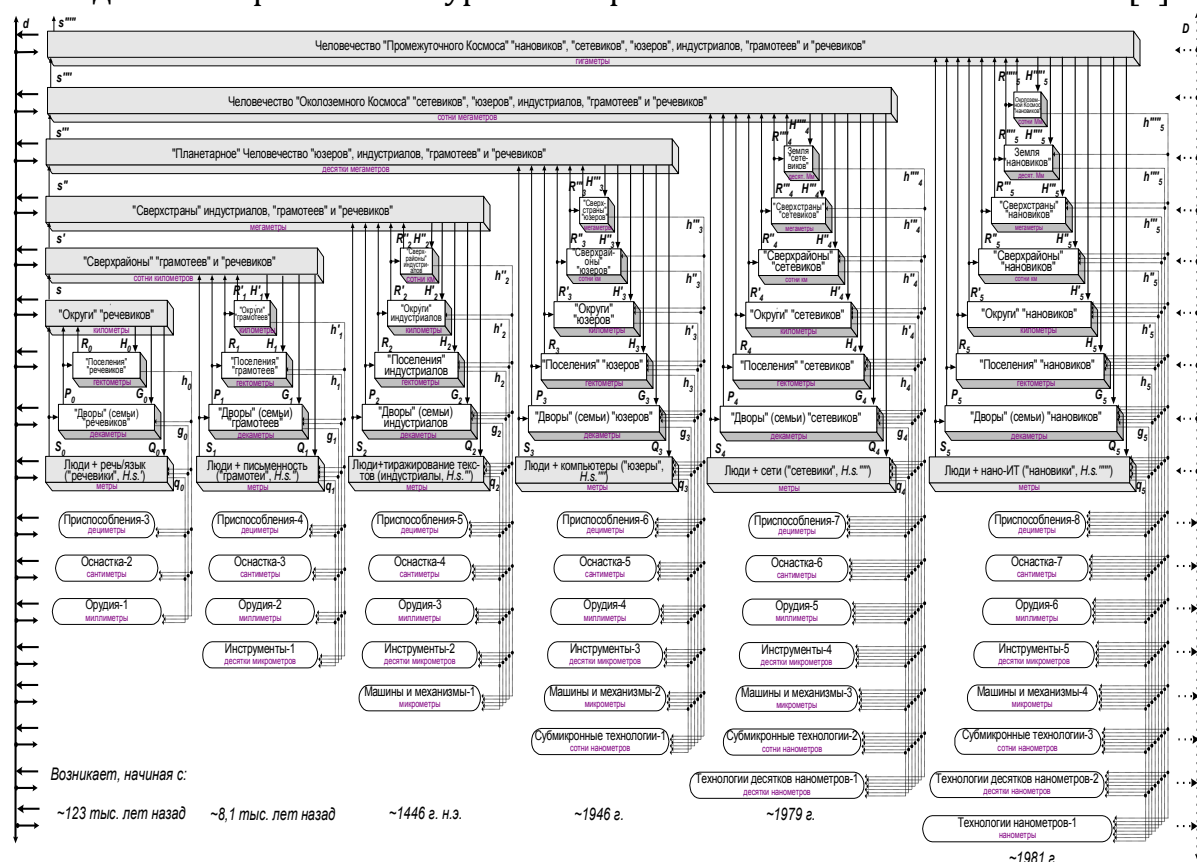


Рис. 1. Иерархическая подсистема Человечество (по состоянию после ~1981 года)

3. Математический подход (числовое моделирование периодизации археологической эпохи на основе ряда Фибоначчи)

Числовой (математический) подход также относится к междисциплинарным. В его рамках важные этапы развития Человечества в археологическую эпоху (АЭ) могут быть представлены с помощью ряда Фибоначчи (далее – РФиб): 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, ...). Каждый член РФиб, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих, а соотношение его смежных членов стремится к «золотому сечению» (т.е. с ростом РФиб – к $\varphi_1 = 1,618034...$, с уменьшением РФиб – к $\varphi_2 = 0,618034...$). Ряд Фибоначчи удалось превратить в числовую модель, обозначить хронологические вехи и связать их с содержанием эволюции в археологическую эпоху путем простых операций: выстроив ряд в обратном порядке и введя размерность «тысяч лет до нашей эры» [5-7] – см. рис. 3 и 4.

РФиб, модифицированный подобным образом, с достаточной точностью моделирует известную археологическую хронологию:

- 1 тысячелетие н.э. – поздний железный век,
- 1 тысячелетие до н.э. – ранний железный век,

2 тысячелетие до н.э. – средняя и поздняя бронза,
 3 тысячелетие до н.э. – ранняя бронза,
 5 тыс. лет до н.э. – энеолит,
 8 тыс. лет до н.э. – неолит,
 13 тыс. лет до н.э. – мезолит,
 21 тыс. лет до н.э. – пик верхнего палеолита, и т.д.

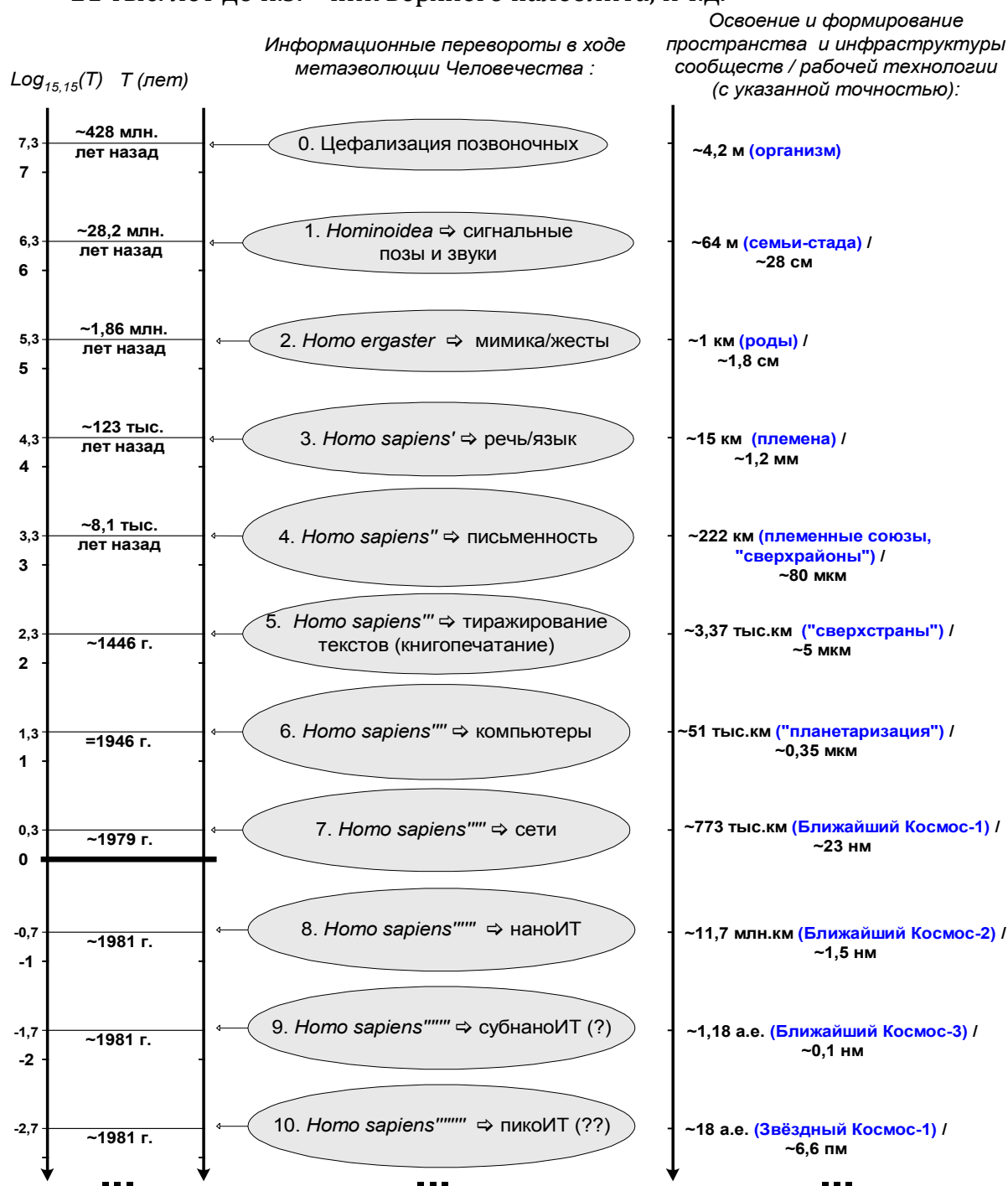


Рис. 2. Диаграмма последовательности информационных переворотов в ходе развития системы Человечества (в логарифмическом масштабе времени и пространства)

Построение «Фибоначчиевой» модели хронологии и периодизации археологической эпохи дополнительно требует принятия специальных мер. Традиционно используемый отсчёт времени – «до нашей эры» и «нашей эры» – породил проблему двунаправленности исторической хронологии. Очевидно, что между соответствующими членами модели – т.е. между двумя единицами – необходимо ввести обозначение-конструкт типа «0*», где цифра «0» будет символизировать *начало* соответствующего периода (промежутка времени, заключенного между двумя соседними числами) отсчёта в реальном ходе времени (т.е. цифру, расположенную слева от тире), а знак «*» указывает на смену в этот момент направления счёта времени (известного как смена «эр»).



Рис. 3. Традиционная хронология и периодизация археологической эпохи и ряд Фибоначчи (исходная однолинейная модель)

4. Сопоставление модельных подходов

Периодизация истории, полученная с помощью объединения информатико-кибернетической модели (ИКМ) развития системы Человечества и «Фибоначчиевой» модели хронологии и периодизации археологической эпохи (ФМАЭ), – расчётная (см. рис. 5). Сопоставляя расчёт с эмпирикой, нужно иметь в виду приблизительность последней.

Расчёты на основе ИКМ (использующие РЖК) относятся к *длительностям лидирования последовательных метафаз* в процессе развития Человечества. Расчёты на основе ФМАЭ (использующие РФиб) относятся к *абсолютным возрастам* соответствующих событий в АЭ. Однако последовательность *разностей* между смежными элементами в РФиб также представляют собою РФиб! Эта примечательная особенность ряда Фибоначчи сближает оба описываемых подхода настолько, что они не только описывают совпадающие тенденции, но и взаимно дополняют друг друга. Рассогласование их синхронных элементов не превышает 15% – точности, вполне приемлемой в археологических исследованиях [8-9].

5. Перечень системообразующих исторических событий

В соответствии с предлагаемым синтетическим модельным представлением, развитие Человечества – в археологическую эпоху! – можно охарактеризовать событиями различных рангов:

а) первый (наивысший) ранг:

а1) возникновение *Hominoidea*, **овладевающего ИТ сигнальных неинтонированных звуков и поз**, и начало субэпохи антропологической предыстории АЭ (около 28,5 млн. лет);

а2) элиминация⁸ *Hominoidea* и завершение субэпохи антропологической предыстории АЭ; переход эволюции-1 археолита в эволюцию-2; возникновение *Homo ergaster/Homo erectus*, **овладевающего ИТ мимики и жестов**, и начало субэпохи нижнего палеолита (около 1,86-1,6 млн. лет);

а3) элиминация *Homo ergaster/Homo erectus* и завершение субэпохи нижнего палеолита; переход эволюции-1 среднего палеолита в эволюцию-2; возникновение неантропа-1 (*Homo sapiens'*), **овладевающего ИТ артикулированной устной речи и языка**, и начало субэпохи верхнего палеолита (около 121 тыс. лет до н.э., согласно ИКМ, и около 89 тыс. лет до н.э., согласно ФМАЭ);

а4) элиминация неантропа-1 (*Homo sapiens'*) и завершение субэпохи верхнего палеолита; переход эволюции-1 неолита в эволюцию-2; возникновение современного человека неантропа-3 (*Homo sapiens''*), **овладевающего ИТ письменности** в субэпоху бронзового века (около 6,1-5 тыс. лет до н.э. согласно ИКМ, и около 5-4 тыс. лет до н.э., согласно ФМАЭ);

а5) элиминация неантропа-3 (*Homo sapiens''*) и завершение субэпохи бронзового века, а также возникновение неантропа-5 (*Homo sapiens'''*), **овладевающего ИТ тиражирования текстов (книгопечатанием)** около 1446 г. н.э., и начало «века композитов»;

б) события второго ранга:

б1) переход эволюции-1 антропологической предыстории Человечества в его эволюцию-2 и возникновение австралопитековых типа *Sahelanthropus tchadensis*, *Orrorin tugenensis* и т.п.; возникновение первых хабилиновых и начало субэпохи археолита (около 6,8 млн. лет);

б2) элиминация *Homo habilis* и завершение субэпохи археолита; переход эволюции-1 нижнего палеолита в эволюцию-2; возникновение *Homo sapiens primigenius/Homo neanderthalensis* и начало субэпохи среднего палеолита (около 377 тыс. лет до н.э.);

б3) элиминация *Homo sapiens primigenius/Homo neanderthalensis* и завершение субэпохи среднего палеолита; переход эволюции-1 верхнего палеолита в эволюцию-2; возникновение неантропа-2 (*Homo neolithicus*) и начало субэпохи неолита (около 21 тыс. лет до н.э.);

б4) элиминация неантропа-2 (*Homo neolithicus*) и завершение субэпохи неолита; переход эволюции-1 бронзы в эволюцию-2; возникновение неантропа-4 и начало субэпохи железного века (около 2 тыс. лет до н.э.);

8 Под термином *элиминация* мы имеем в виду не столько полное устранение объекта, в результате различных естественных причин, из его ниши, сколько перемещение его с исторической авансены на периферию, с превращением в реликт.

в) события третьего ранга:

в1) возникновение питековых типа *Afropithecus*, *Griphopithecus* и т.п. (около 17,7 млн. лет);

в2) возникновение первых *Hominidae* типа *Nakalipithecus*, *Ouranopithecus* и т.п. (около 11 млн. лет);

в3) переход эволюции-2 антропологической предыстории Человечества в его эволюцию-3; переход становления-1 археолита в становление-2 и возникновение *Australopithecus anamensis*, *Australopithecus afarensis* и т.п. (около 4,2 млн. лет);

в4) переход эволюции-3 антропологической предыстории Человечества в его инволюцию; переход становления-2 археолита в эволюцию-1 и возникновение *Homo habilis* (около 2,6 млн. лет);

в5) переход эволюции-2 археолита в эволюцию-3; переход становления-1 нижнего палеолита в становление-2 (материального производства) (около 987 тыс. лет до н.э.);

в6) переход эволюции-3 археолита в инволюцию; переход становления-2 нижнего палеолита в эволюцию-1 (материальной культуры ашеля) и возникновение *Homo habilis* (около 610 тыс. лет до н.э.);

в7) переход эволюции-2 нижнего палеолита в эволюцию-3; переход становления-1 среднего палеолита в становление-2 (материального производства) (около 233 тыс. лет до н.э.);

в8) переход эволюции-3 нижнего палеолита в инволюцию; переход становления-2 среднего палеолита в эволюцию-1 (материальной культуры мустье) (около 144 тыс. лет до н.э.);

в9) переход эволюции-2 среднего палеолита в эволюцию-3; переход становления-1 верхнего палеолита в становление-2 (материального производства) (около 55 тыс. лет до н.э.);

в10) переход эволюции-3 среднего палеолита в инволюцию; переход становления-2 верхнего палеолита в эволюцию-1 (материальной культуры) (около 34 тыс. лет до н.э.);

в11) переход эволюции-2 верхнего палеолита в эволюцию-3; переход становления-1 неолита в становление-2 (материального производства) (около 13 тыс. лет до н.э.);

в12) переход эволюции-3 верхнего палеолита в инволюцию; переход становления-2 неолита в эволюцию-1 (материальной культуры) (около 8 тыс. лет до н.э.);

в13) переход эволюции-2 неолита в инволюцию; переход становления-1/2 бронзы в эволюцию-1 (около 3 тыс. лет до н.э.);

в14) переход эволюции-2 бронзы в инволюцию; переход становления-1/2 железа в эволюцию-1 (1 тысячелетие до н.э.);

в15) переход эволюции-1 железа в эволюцию-2; становление «века композитов» (1 тысячелетие н.э.).

28657-17711-10946- 6765 -4181-2584-1597	0) предыстория археологической эпохи
<i>Homo habilis</i> 6765-4181-2584- 1597 -987-610 -377	1) археолит
Архантроп 1597-987-610- 377 -233-144-89	2) нижний палеолит
Палеоантроп 377-233-144- 89 -55-34-21	3) средний палеолит
Неоантроп-1 89-55-34- 21 -13-8-5	4) верхний палеолит
Неоантроп-2 21-13-8- 5 -3-2	5) неолит
Неоантроп-3 5-3-2-1- 0*	6) энеолит+бронза
Неоантроп-4 2-1-0*-1	7) железо

Рис. 4. «Фибоначчиева» модель хронологии и периодизации археологической эпохи (ступенчатая модель Ю.Л.Щаповой)

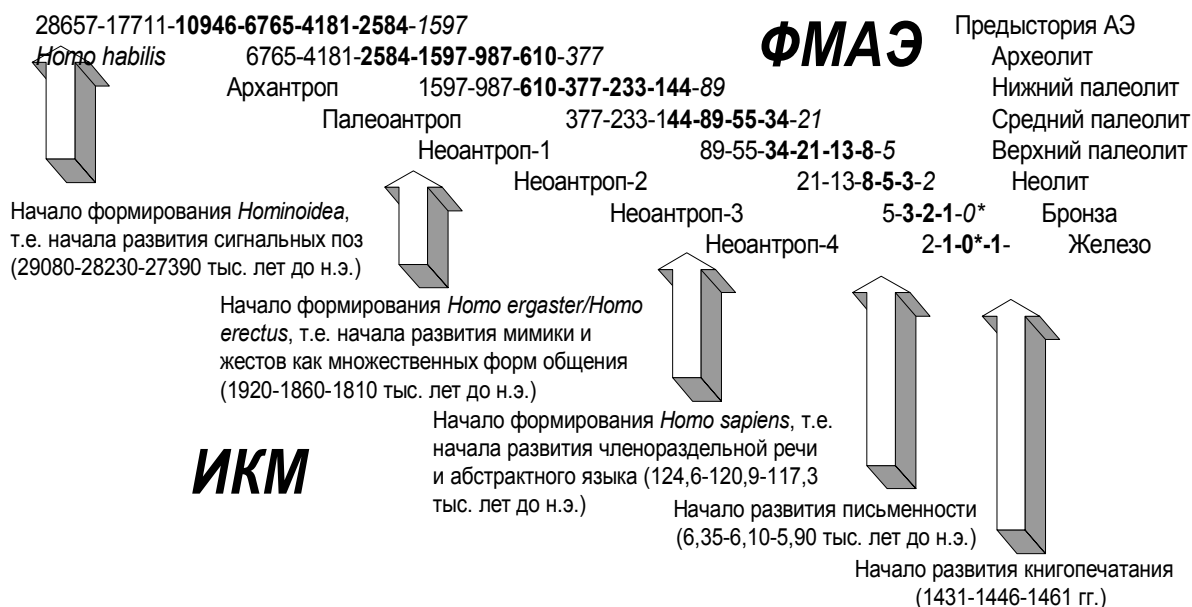


Рис. 5. Единая (объединённая) модель хронологии и периодизации археологической эпохи

Очевидно, что можно констатировать следующее: все системообразующие события, связанные с усложнением **информационных технологий** (ИТ) общения между людьми археологической эпохи, попадают в первый наивысший ранг этого перечня! Выходящие же за рамки собственно АЭ даты информационных переворотов, имевшие место в историческую эпоху: ~1446 – ~1946 – ~1979 – ~1981 – ~1981 –... и рассчитанные по ИКМ, соответствуют системообразующим событиям в истории Человечества ещё более [10].

Литература

1. Информационные технологии // ГОСТ 34.003-90, п. 4, Прил. 1 – <http://tdocs.ru/90411>
2. Гринченко С.Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы). – М.: ИПИРАН, 2007. – 456 с. – см. также http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/book_2/
3. Гринченко С.Н. Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). – М.: ИПИРАН, Мир, 2004. – 512 с. – см. также <http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/>
4. Жирмунский А.В., Кузьмин В.И. Критические уровни в процессах развития биологических систем. – М.: Наука, 1982. – 179 с.
5. Щапова Ю.Л. Хронология и периодизации древнейшей истории как числовая последовательность (ряд Фибоначчи) // Информационный бюллетень Ассоциации

- «История и компьютер», № 25, март 2000 – см. также <http://kleio.asu.ru/aik/bullet/25/26.html>
6. Щапова Ю.Л. Археологическая эпоха: хронология, периодизация, теория, модель. – М.: КомКнига, 2005. – 192 с.
 7. Щапова Ю.Л. Материальное производство в археологическую эпоху. – СПб.: Алетейя, 2011. – 244 с.
 8. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. История Человечества: модели периодизации // Вестник РАН. – 2010. – № 12. – С.1076-1084.
 9. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. История Человечества: модели периодизации и их сравнительный анализ // Электронный журнал «Исследовано в России», 2011, 064, С. 865-885. <http://zhurnal.aperelearn.ru/articles/2011/064.pdf>
 10. Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л. Информационные технологии в истории Человечества. – М.: Новые технологии, 2013. – 32 с. (Приложение к журналу «Информационные технологии», № 8/2013) – см. также http://www.ipiran.ru/grinchenko/Ip813_web.pdf

Монахов В.М.¹, Ерина Т.М.²

¹ МГГУ им. М.А.Шолохова, профессор кафедры математики и физики факультета точных наук и инновационных технологий, доктор педагогических наук, действительный член Академии естественных наук Республики Казахстан, член-корреспондент РАО, monakhovvm@mail.ru

² Московский государственный областной гуманитарный институт, доцент кафедры математики и физики, кандидат педагогических наук, erinatm@mail.ru

Системно-целостный подход к конструированию инновационного дидактического инструментария для исследований процесса модернизации образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Адаптивная открытая система образования. Технология проектирования систем образования с наперед заданными свойствами. Модель дидактической системы реализации модернизации как интегративный управленческий центр. Функционал управления модернизацией как целостная инструментально-технологическое обеспечение процесса модернизации.

АННОТАЦИЯ:

Цель модернизации, представляемой многоуровневой структурой цели, заключается в фиксации и систематизации информации о процессе функционирования адаптивной оптимальной дидактической системы реализации процесса модернизации ДСМ и использовании накапливаемых данных для достижения заданного показателя качества функционирования системы. В практике исследования таких систем упрочилось мнение, что адаптивные системы с заданными свойствами по мере приспособления к внешним и внутренним условиям улучшают качество своего функционирования, т.е. идет процесс оптимизации.

На рис.1 представлено функционирование открытой образовательной системы, взаимодействующей с внешней средой.

Если система изначально не обладает функциями адаптивности, то она либо работает неудовлетворительно, либо требует постоянной модернизации и неограниченных ресурсов, что подтверждает практика последнего времени.

Совокупность **заданных свойств** (их полнота, реальность их достижения, их эффективность и продуктивность после реализации) представляет собой **инновационный подход**, который помогает избежать ненужных направлений в решении задач, от которых в будущем возможно придётся отказываться.

Проходящую модернизацию безусловно следует рассматривать как процесс многоаспектный, многоуровневый, многоэтапный со своими начальными и краевыми условиями, реализуемый в весьма сложной образовательной системе с множеством компонент.

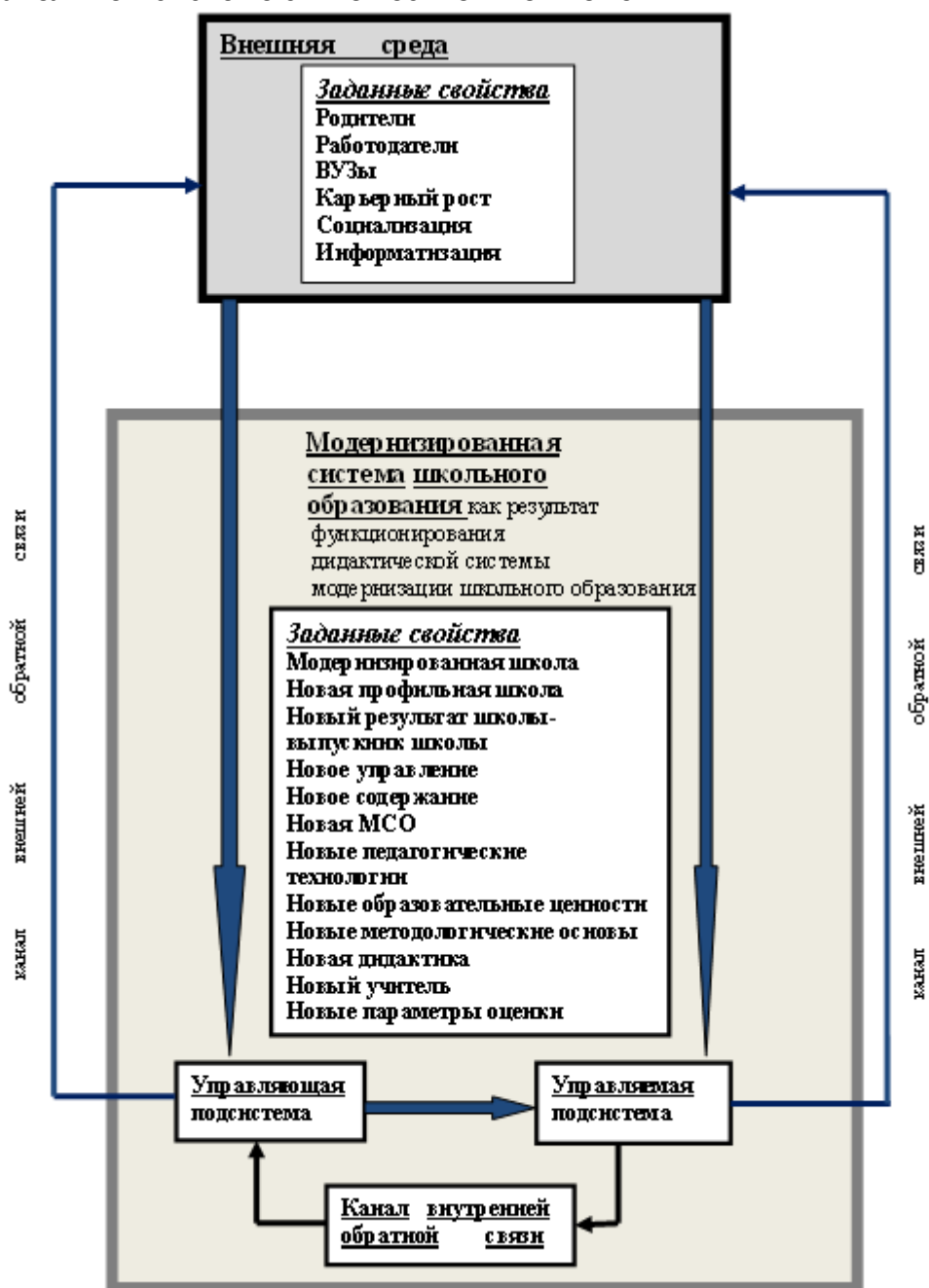


Рис. 1. Функционирование модели процесса реализации модернизации системы школьного образования как открытой системы

Естественно, что и процесс модернизации, и саму адаптивную оптимальную систему реализации модернизации образования следует рассматривать с позиции **системно-целостного подхода**, а для этого прежде всего и сам **процесс**, и саму **систему** следует **смоделировать**, т.е. перевести на язык и форму модели или ряда моделей. И только потом

перейти к стадии проектирования, придав модели не только максимально понятный и выразительный вид, но и возможность провести на моделях серию **внутримодельных исследований** [2], которые естественно не потребуют традиционных многомиллионных расходов, но результатам которых можно доверять, то есть быть уверенным, что получаемые в будущем результаты модернизации и есть то, что в концепции модернизации было объявлено как *цели и ценности*.

На следующей стадии *реализации проекта модернизации* разработчики должны иметь достаточно объективный аппарат для управления ходом модернизации и не менее объективный аппарат, устанавливающий факт достижения или не достижения всех тех целей модернизации, которые были продекларированы в государственном заказе. Именно так должна выглядеть гигантская работа по целостной, системной, продуктивной реализации модернизации образования.

Анализ многочисленных публикаций о ходе, причинах, предпосылках, принципах, промежуточных и ожидаемых конечных результатах модернизации позволил систематизировать все это в определенной логике.

Итак, начнем с главного – с **цели** происходящей модернизации образования. Приведем слова Е.П.Белозерцева [3] из его рецензии на книгу О.Н.Смолина: «Мы вынуждены наблюдать, как нарушается постулат: основа управления, реформирования, модернизации есть производная от истории и культуры нашего народа, опыта образовательных учреждений, научно-педагогических школ». Здесь мы солидарны с Е.П.Белозерцевым, рассматривая в настоящем исследовании образование как *абсолютную ценность*, а отношение к образованию как *важнейший критерий государственности*. В XX веке педагоги стали все чаще говорить о категории «цель» как о стратегической цели в образе будущего результата. Тогда цель модернизации следует представлять в виде двух достаточно масштабных и значимых результатов: **модернизированное отечественное образование и создание общенаучного фундаментального инструментария модернизации**, посредством и с помощью которого и должна проводиться модернизация образования. К сожалению на сегодняшний день современная педагогика не обладает таким фундаментальным инструментарием модернизации. Следует заметить, что одной из причин модернизации образования стала *невозможность традиционного образования* быть не только фактором развития общества, но хотя бы **полноценно вписаться в процессы столь необходимого развития отечественного образования**. Как видно из предыдущего, предполагалось к проблеме модернизации подойти системно, целостно, прогностически и двигаться к конечной цели, используя последовательность моделей, которые все более адекватно отражали бы стратегическую цель. В педагогике нет целостных теорий, есть только некоторые фрагменты, например, **введение в теорию проектирования систем образования с заданными свойствами**. Так в

МГГУ им. М.А.Шолохова в последние четыре года было проведено четыре Международных конференций по указанной проблеме [5,6,7]. На этих конференциях были представлены отдельные **фрагменты технологии проектирования систем образования с наперёд заданными свойствами** в условиях функционирования новых стандартов. Модернизация образования естественно требует своего **общенаучного методологического обоснования и адекватного этому обоснованию дидактического инструментария и радикальной переналадки понятийно-категориального аппарата инновационной инструментальной дидактики.**

В сообщении В.М.Монахова и В.Е.Фирстова в настоящем сборнике представлено общенаучное методологическое обоснование проходящей модернизации, из которого прежде всего следует, что систему образования следует рассматривать как **открытую адаптивную систему, обладающую свойствами самоорганизации и саморазвития. Мы добавляем к вышесказанному три идеи:**

- **первую идею** – о системно-целостном подходе к проектированию адаптивных открытых систем;
- **вторую идею** – о некой дидактической системе реализации процесса модернизации образования – ДСМ, целостно обеспечивающую все управленческие функции проводимой модернизации;
- **третью идею** – о том, что "*наперед заданные свойства*" следует и должно рассматривать как инновационную методологическую категорию инструментальной дидактики.

Что значит **заданные свойства**? А это те самые компетенции, которые прописаны в ФГОС ВПО. В *процедурной схеме проектирования учебного процесса*, который и формирует декларируемые стандартом компетенции, эти самые компетенции объявляются заданными свойствами, которые в дальнейшем процедурно переводятся на язык параметров проектируемой образовательной системы. Многочисленные педагогические эксперименты по созданию проектов таких образовательных систем и их реализация научной группой В.М.Монахова позволили существенно развить эту идею.

Выяснилось, что технология проектирования образовательных систем с наперед заданными свойствами достаточно универсальна. Созданная технология позволяет проектировать не только систему образования, но и такие не менее важные в период модернизации системы, имеющие большое прикладное значение, как:

- **методическая система обучения[8];**
- **методическая система преподавания[8];**
- **технологический учебник полного цикла для вуза[10];**
- **полный цикл проектирования и реализации учебно-методического обеспечения целостного процесса формирования**

профессиональных компетенций[9].

Выдвинутая нами идея заключается в том, что вышеперечисленные разработки и технологии проектирования различных систем гипотетически могут быть перенесены и продуктивно использованы для проектирования **адаптивной оптимальной дидактической системы реализации процесса модернизации с наперед заданными свойствами**. В дальнейшем для простоты эту систему будем называть **ДСМ** (дидактическая система модернизации).

Переходим к изложению самой идеи и основных **положений** ДСМ. Ответим на основные вопросы:

Почему адаптивная?

Почему оптимальная?

Почему с наперед заданными свойствами?

Заданные свойства дидактической системы – это достаточно чётко и диагностично сформулированные,

- во-первых, **цели модернизации**;
- во-вторых, **условия**, как внешние, так и внутренние, в которых и должна проходить модернизация;
- в-третьих, **прогностически заданные желаемые результаты**.

Так, например, к *условиям* модернизации можно отнести основные признаки информационного постиндустриального общества, для социализации в которое должны готовиться школьники. Не менее существенным условием стала проходящая *смена образовательных парадигм*. А.М.Новиков [13] считает, что ещё совсем недавно наука была *системообразующим фактором организации* образования, положенным в основу содержания образования и в определённой степени ставшим структурирующим *основанием профилизации школьного образования* [11]. Теперь же роль науки существеннейшим образом изменилась: произошло переключение с так называемого *вечного* знания на *ситуативное* и мы становимся свидетелями перехода к этому ситуативному знанию. Последнее повлекло за собой начавшийся переход от научного типа школьного образования к принципиально другому типу – технологическому или проектно-технологическому. В постиндустриальном обществе равноправно должны быть отражены все формы общественного сознания в структуре образования и, что особенно важно, в освоении *субъективных компонентов культуры*.

Почему адаптивная? Адаптивные свойства функционирующей системы проявляются как процесс изменения структуры модернизации, алгоритмов действий и предписаний в реализации модернизации (в виде законодательства, политики), параметров системы. Считается, что система обладает признаком адаптивности, если она достигает оптимального состояния своего функционирования при *начальной* неопределённости и *изменяющихся условиях* взаимосвязи с внешней средой.

На рисунке 2 представлена модель ДСМ. Блоки модели ДСМ:

- *цель модернизации;*
- *задачи;*
- *содержание;*
- *процесс реализации модернизации*

образуют содержательную составляющую модернизации.

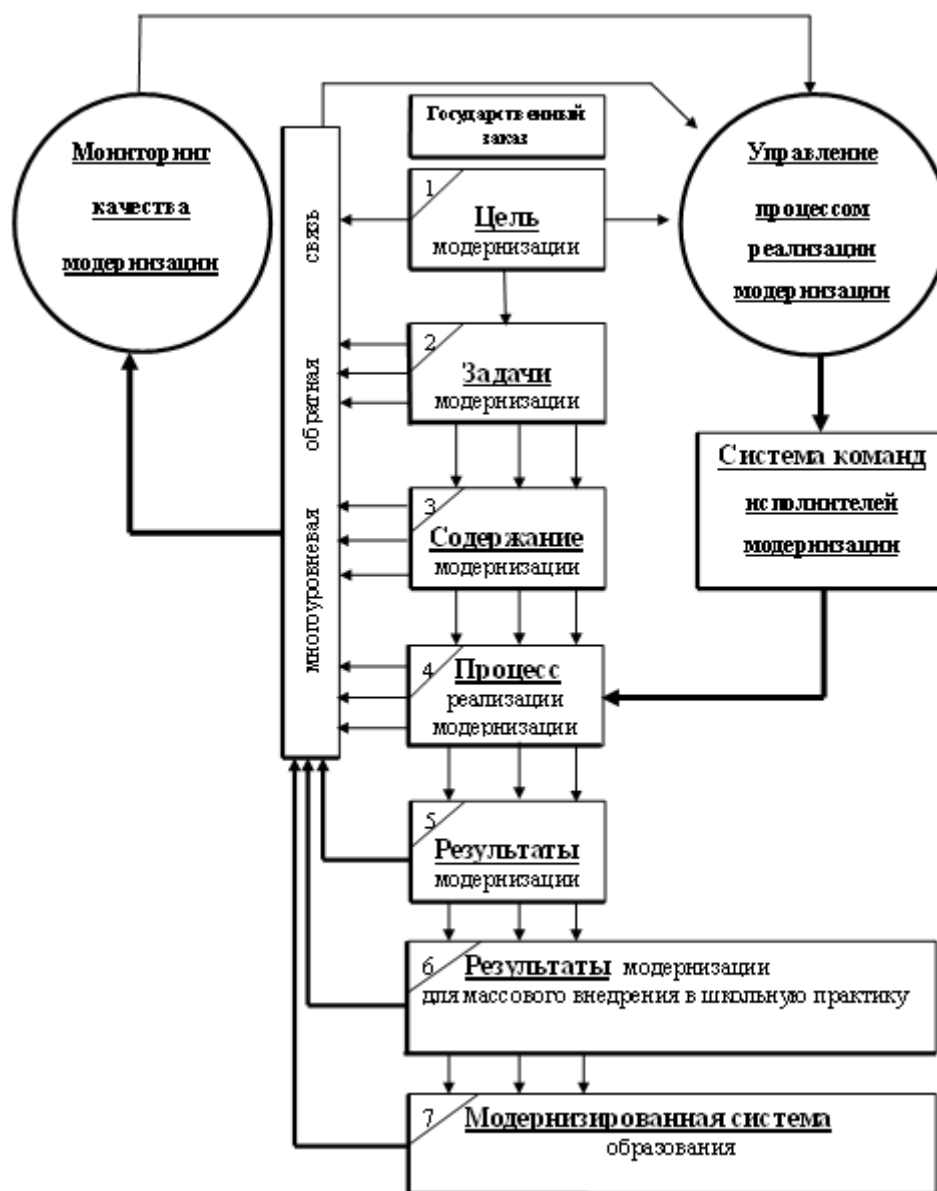


Рис.2. Проект модели дидактической системы реализации процесса модернизации образования

В центре системы находится важнейший диспетчерский блок **многоуровневые обратные связи**.

Особая роль отводится блоку **управленческий мониторинг качества модернизации**, в который поступает оперативная рабочая информация о ходе реализации модернизации из блока **многоуровневые**

обратные связи. Вся полученная рабочая информация,

- во-первых, сохраняется в мониторинге как в информационном банке,
- во-вторых, передается в блок **управление процессом реализации модернизации**, в котором она перерабатывается и в виде конкретных **управленческих решений** [12] передается в блок **система команд исполнителей** модернизации. Следует обратить внимание на следующую особенность информационного обеспечения **системы команд исполнителей модернизации**. Они должны получать управленческие указания только из блока **управления** и затем вносить только эти корректировки в блок **процесс реализации модернизации**. Никакие иные самостоятельные указания из блока **система команд исполнителей модернизации** недопустимы. Только так **функционирование ДСМ может быть адаптивным, то есть саморазвивающимся и стремящимся к оптимальному режиму**.

Что такой подход может дать? Процесс моделирования ДСМ даёт нам достаточно определённый **прогноз-пожелание**, который системно учитывает: **ЧТО** требуется, **ЧТО** мы хотим получить, **какие** ресурсы для всего этого имеются.

В прогнозе-пожелании формируется первоначальный некий **реестр** задаваемых свойств, который может быть достаточно избыточным.

Рассматриваем этот реестр как некую **совокупность задаваемых свойств**.

Далее целесообразно элементы этой совокупности **ранжировать** по значимости, продуктивности, реалистичности,

Затем необходимо **ограничить реестр** по некоему критерию или критериям: только свойствами, определяющими собственно модель модернизации – **параметрами**, только реалистичными свойствами, способствующими достижению цели модернизации и т.д.

Далее следует перейти от общей прогностики к **целостной концепции модернизации**, которая характеризуется нацеленностью на конечный результат и целесообразными взаимосвязями заданных свойств, концептуально позволяющими **контролировать** сам процесс модернизации, оперативно получая ответы на вопрос – **а в правильном ли направлении мы движемся?**

Рассматриваемая концепция обеспечивает важное условие функционирования системы, когда вероятность получения конечного результата модернизации с заданными свойствами от этапа к этапу только возрастает, т.е. **идет процесс оптимизации**.

Гипотетически предполагается наличие в системе **полного научно-практического обеспечения**: теоретического, методологического, методического, технологического.

Наша инновационная идея – факт включения в состав обеспечения

технологической составляющей, которая **управление** представляет как **управленческий процесс**. Последнее относится как к оперативному управлению, так и к стратегическому.

Перевод вышеперечисленных положений о конструировании модели ДСМ в практическую плоскость предполагает на этапе перехода к **инструментальной модели** обязательное **оснащение** соответствующими технологиями, реально обеспечивающими проводимую модернизацию.

Оценочный этап реализации самой инструментальной модели, её функционирования и использования поступающей от неё информации фактически приводит нас к **мониторинговой модели**, которая обеспечивает **аналитическую обработку** результатов мониторинга за ходом процесса модернизации.

И, наконец, завершает структурное описание ДСМ последний этап – этап системной обработки всей полученной информации: и о ходе процесса модернизации, и о продуктивности и эффективности проведенных изменений и совершенствований в тех или иных компонентах системы образования. Обычно этот этап ликвидирует все неточности и неопределённости в функционировании образовательной системы. Эту **модель** назовём **рефлексивной**.

Таким образом, целостную концепцию модернизации образования можно итерационно представить пятью моделями. В итоге получаем своего рода *парад моделей*:

- **прогностическая модель;**
- **концептуальная модель;**
- **инструментальная модель;**
- **ониторинговая модель;**
- **рефлексивная модель.**

Нетрудно видеть, что эти 5 моделей достаточно **целостно** представляют процесс реализации модернизации и могут стать достаточно полным основанием и рабочим полем для дальнейшего системного исследования.

Представленная на рис.3 матрица – **функционал управления ДСМ** – фактически **моделирует управленческие процессы реализации модернизации образования**, выстраивая итерационный процесс перехода от одной модели к другой (наглядно представленный клеточками *главной диагонали* матрицы).

Следует заметить, что **первый** столбец от X11 до X51 представляет исследовательскую деятельность по конкретизации и детализации **многоуровневой цели системной модернизации**. Во **втором** столбце задаются программы **исследования дидактических условий** модернизации образования. **Третий** столбец представляет **различные этапы проектирования дидактической системы** модернизации и её целостного **инструментально-технологического обеспечения**.

Четвертый столбец отвечает за **технологизацию педагогической диагностики** как важной **функции управления качеством** проводимых при модернизации преобразований. Важно заметить, что методическая интерпретация результатов педагогической диагностики позволяет оперативно уточнять правильность пути и направления модернизации.

Пятый столбец выявляет и исследует уже реализованные. Особое внимание обращается на те факторы, которые повлияли на **результативность** и самого модернизированного образования, и **процесса, реализующего эту модернизацию**.

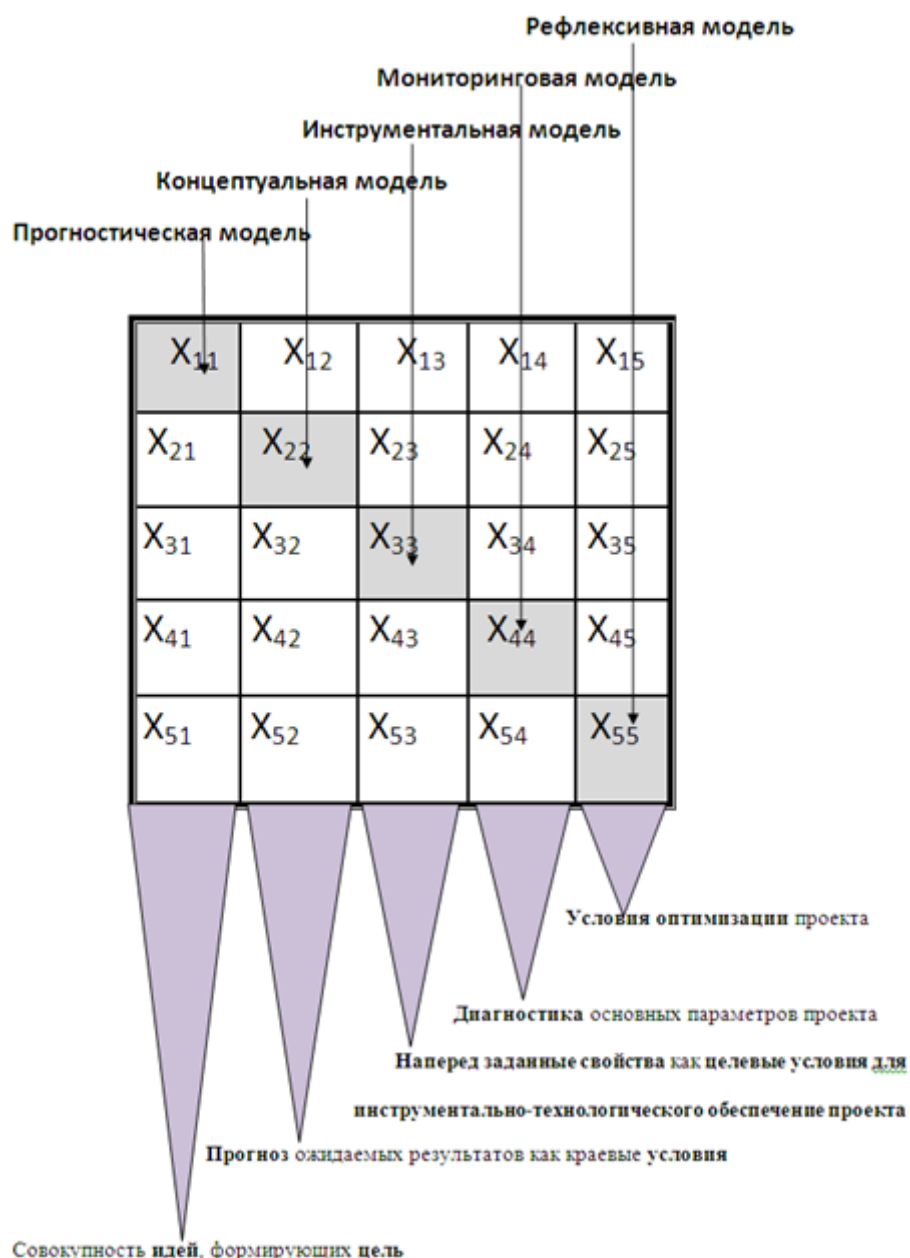


Рисунок 3. Функционал управления ДСТМ

Далее дадим краткую характеристику **функционала управления** по строкам.

Первая строка – это перевод содержания государственного заказа на модернизацию образования на педагогический, дидактический, методологический и методический язык с учетом: смены образовательных парадигм, условий информационного общества, успешного исторического опыта структурной профилизации при реформировании отечественного образования и гипотетических условий будущего smart-образования.

Вторая строка – это создание **информационного пространства**, состоящего из всего арсенала результатов и достижений современной науки.

Третья строка – это создание программы в итоге приводит к **оптимальному режиму функционирования ДСМ.**

Рассмотренные выше и «**Функционал управления**» (рис.3), и технологии обучения **системы команд исполнителей** обеспечивают однозначное исполнение поступающих управленческих указаний и результативность проводимой модернизации.

Четвертая строка – это создание своевременной оперативной и объективной **обратной связи** и передача информации о ходе и результативности каждого этапа модернизации.

Пятая строка – это **ликвидация** на каждом этапе модернизации **неопределенностей и противоречий**, что в итоге приводит к оптимальному режиму **функционирования ДСМ.**

Рассмотренный выше и "Функционал управления"(рис.3) и "Дидактическая система модернизации" (рис.2) фактически представляют собой две стороны одной медали. Под медалью можно понимать наше образование после модернизации, которое адекватно соответствует всем требованиям государственного заказа.

Главный вывод – без использования вышеизложенной структуры ДСМ весьма проблематично говорить о целостности и эффективности модернизации образования.

Литература

1. Смолин О.Н. Образование. Политика. Закон. Федеральное законодательство как фактор образовательной политики современной России. М. 2010
2. Власов Д.А., Монахов Н.В., Монахов В.М. Математические модели и методы внутримодельных исследований. Монография. РИЦ МГГУ им.М.А.Шолохова.М.2007.
3. Белозерцев Е.П. Образование как детектив, или Послесловие к монографии О.Н.Смолина// Педагогика, №10, 2011. с.82-94.
4. Монахов В.М. Введение в теорию педагогических технологий. Монография. Изд.Перемена.Волгоград.2006.
5. Монахов В.М. Методологические основания разработки технологий построения систем образования с заданными свойствами.// Материалы международной научно-практической конференции 14 июля 2010."Технологии построения систем образования с заданными свойствами". с.26-32.
6. Монахов В.М. Проектирование и реализация учебно-методического обеспечения целостного процесса формирования профессиональных компетенций// Материалы III международной научно-практической конференции 12-13 ноября 2012.с.37-44.
7. Шмарион Ю.В. Адаптация образовательных систем с заданными свойствами// Материалы III Международной научно-практической конференции. 12-13 ноября 2013.М. с.589-391

8. Монахов В.М. Технология проектирования систем с заданными свойствами // Высшее образование в России.2011.М.№6.с.59-66.
9. Монахов В.М. От теории целостности учебного процесса В.С.Ильина до модели вузовского технологического учебника полного цикла // Известия ВГПУ. 2012. №11(75).13-17.
10. Монахов В.М., Мусаелян А.Г., Монахов Д.Н. Математика. Технологический учебник полного цикла. М.Изд.МГУП.2012.
11. Новиков А.М.Культура как основание содержания образования // Педагогика.2011.№6.с.3-15.
12. Ерина Т.М., Монахов В.М. Нужна ли сегодня адаптивная оптимальная система модернизации образования с наперед заданными свойствами? // Известия ВГСПУ.2013.с.44-51
13. Монахов В.М., Ерина Т.М., Васекин С.В. Система проектно-технологических компетенций современного педагога-исследователя. Учебник-хрестоматия для магистрантов по направлению "Педагогическое образование"М.2013.
14. Ерина Т.М., Монахов В.М. Развитие дидактического потенциала профилизации школьного образования в контексте проходящей модернизации // Известия РАО.2013.№2.с.88-96.

Монахов В.М.¹, Фирстов В.Е.²

¹ МГГУ им. Шолохова М.А., профессор кафедры математики и физики факультета точных наук и инновационных технологий, доктор педагогических наук, действительный член Академии естественных наук Республики Казахстан, член-корреспондент РАО, E-mail: Monakhovvm@mail.ru

² ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», профессор кафедры компьютерной алгебры и теории чисел доктор педагогических наук, E-mail: firstov1951@gmail.com

Дидактический потенциал синергетического подхода к формированию общенаучного методологического основания модернизации образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Система образования как адаптивная открытая система. Синергетические принципы управления открытыми системами. Метрология открытых систем. Фрактальные меры. Внутримодельные исследования.

АННОТАЦИЯ:

На основе принципов синергетики и анализа внешних факторов образовательного пространства современной России обозначены инновационные подходы к формированию концепции модернизации отечественного образования. Фактически, с чисто профессиональных педагогических позиций, сделана попытка провести системный анализ положения, сложившегося в отечественном образовании, с целью выработки необходимой прогностической диагностики.

В настоящее время возникла серьезная обеспокоенность в связи с наличием кризисных областей в отечественном образовании. Вполне соглашаясь с данным положением, можно указать некоторые его общие причины:

1. Появление кризисных областей в отечественном образовании, естественно, ставит вопрос о концепции его модернизации. Актуальность модернизации российского образования обусловлена необходимостью расширения методологического арсенала педагогической науки до уровня, отвечающего реалиям развития современной России;
2. За период новой России принято три поколения ФГОС в области ВПО и два поколения ФГОС в области среднего образования, однако каких-либо ощутимых положительных общественных результатов это не дало. А причина этого кроется в гениальной фразе А.С. Пушкина: «Служенье муз не терпит суеты». В этой фразе лежит глубокий

синергетический смысл – чрезмерное увлечение реформами привело к тому, что система образования, после очередного эксперимента, пребывает в некотором неравновесном состоянии, когда процессы самоорганизации в данной открытой системе полностью пройти не успевают, а вновь накатывающаяся реформа, попросту, смывает значительную часть ранее полученного положительного опыта. В результате, образование теряет ценность и перестает играть заметную роль в освоении нового экономического пространства, а также в культурной, политической и нравственной областях – на смену приходят невежество и агрессивная некомпетентность со всеми вытекающими негативными проявлениями;

3. Выбор пути развития российского образования достаточно регламентирован в «Национальной доктрине развития образования в РФ» (на период 2000-2025 гг.) и, естественно, должен опираться на определенное общественное мировоззрение, задающее шкалу ценностей, в рамках которой формулируются цели образования. Таким образом, задаются образовательные траектории модернизируемой системы образования, среди которых естественно следует выделить оптимальные. Однако в блоке общественно-гуманитарных наук пока не выработана адекватная мировоззренческая концепция современной России и сейчас можно вести речь только об общих контурах «новой русской идеи», которая должна быть генетически последовательно научной, интернациональной и гуманной;
4. Важнейшим элементом модернизации отечественного образования является разработка теории педагогических измерений (ТПИ), которая реализуется в логико-математическом формате, т.к. педагогика имеет дело с передачей структурированной информации (знаний). Информация является основным понятием кибернетики, которое обладает метрической функцией и, таким образом, **изучение дидактических процессов переводится в плоскость математического моделирования**. Поэтому модернизация в системе образования призвана реализовать функцию предсказания (прогноза) результатов образовательного процесса.

Цель данного сообщения – на основе принципов синергетики и анализа внешних факторов образовательного пространства современной России обозначить **инновационные подходы к формированию концепции модернизации** отечественного образования. В первую очередь речь должна идти о формировании **общенаучного методологического обоснования модернизации и о создании общенаучного инструментария для проведения соответствующих дидактических исследований**.

Нами достаточно подробно рассматриваются вопросы проектирования **систем образования с наперед заданными свойствами**.

Наша позиция: **мы считаем, что заданные свойства все в большей степени выступают продуктивным методологическим основанием для организации и реализации сложнейшей проблемы модернизации. Именно поэтому, рассматривая процесс модернизации как адаптивную открытую дидактическую систему с заданными свойствами, мы были вынуждены обратиться к истокам синергетики.**

1. Теорема И.Р. Пригожина и эволюционная динамика открытых систем. Представления синергетики об открытых системах восходят к фундаментальным работам бельгийского физико-химика, русского эмигранта И.Р. Пригожина (1947), которые удостоены Нобелевской премии по химии (1977). Основной вывод из этих работ сводится к тому, что замкнутые системы в природе – это, скорее, исключение, поскольку практически всегда рассматриваемая система контактирует с внешней средой и, таким образом, является открытой системой. *По теореме И.Р.Пригожина [2], для поведения таких объектов характерно то, что в процессе взаимодействия с внешней средой всякая открытая система соответствующим образом структурируется (самоорганизуется), принимая некоторое динамически оптимальное состояние, фазовая конфигурация которого представляет некий консенсус между внешней средой и рассматриваемой системой. Изменение внешних условий обычно приводит к новой конфигурации рассматриваемой системы и т.д.*

Во второй половине XX в. накопилось довольно много фактов, свидетельствующих о том, что такое поведение открытых систем имеет общий характер и, собственно, сам термин «синергетика» (от греч. synergetikos – совместный, согласованно действующий), введенный Г. Хакеном [3] в начале 70-х гг., отражает именно это характерное свойство эволюционной динамики любой открытой системы. Отсюда следует центральная идея синергетики о целенаправленном характере эволюции открытых систем, частным случаем которых являются системы образования. Если эволюцию рассматриваемой открытой системы описывать в виде траектории в соответствующем фазовом пространстве, то цели эволюции идентифицируются с определенными элементами данного пространства, к которым и устремляются фазовые траектории эволюционирующей открытой системы. Для самой системы эти элементы, по сути, представляют некое *притягивающее множество* или *аттрактор цели*.

Таким образом, основные принципы синергетики – это *принцип самоорганизации* (адаптации) открытой системы с внешней средой и *принцип самоподобия*, за которыми легко угадываются *дидактические принципы системности и последовательности*.

2. Синергетические принципы управления образовательными системами. По нашему мнению, в эволюции образовательных структур, начиная с момента их зарождения в социуме [4], прослеживается **сценарий синергетики**. Действительно, **состояние системы образования всегда**

выступает как результат взаимодействия с внешним информационным пространством по линии диверсифицированного управления, обеспечивающего адекватную реакцию данной системы на решение текущих и перспективных проблем данного общества. В целом, для педагогики синергетика все больше выступает как **важнейший методологический принцип**, поскольку посредством целенаправленного взаимодействия в педагогическом процессе наблюдаются эффекты, исследование которых немислимо без привлечения синергетических принципов.

С позиций синергетики [4], эффективное образование означает **оптимизацию управления в открытой системе**, когда основополагающий кибернетический принцип обратной связи реализуется нетривиально, действуя по нескольким независимым каналам (рис.1), представляющим управление образованием как открытой системой.

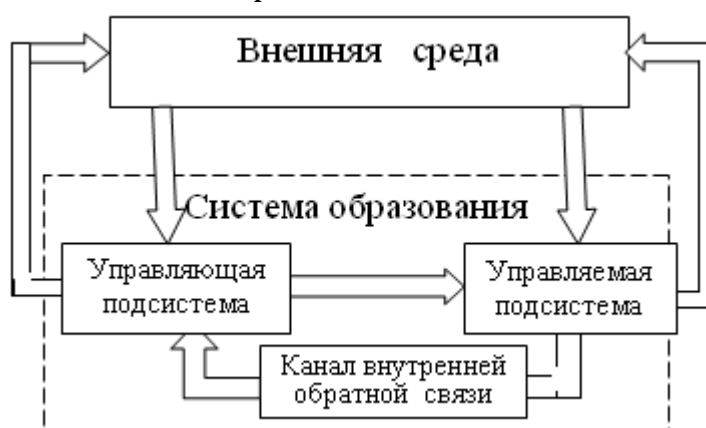


Рис.1. Управление системой образования как открытой системой

Помимо административного контроля, проводимого внутренним каналом обратной связи, в схеме на рис.1 присутствуют два контура внешнего управления системой образования, которые формируют управляющие воздействия, как на Минобрнауки РФ, так и на образовательные субъекты. В РФ внешний контроль проводится, как по линии законодательных и исполнительных органов (парламента и правительства РФ и ее субъектов), так и по линии всевозможных общественных организаций: общественных советов (при президенте, губернаторе и т.д.), попечительских советов и т.п.

Таким образом, **управление открытой системой – это адаптивное управление с внешним и внутренним каналами обратной связи**. Оптимальное управление в данном случае сводится к эффективному согласованному взаимодействию этих каналов. С другой стороны, открытая образовательная модель на рис.1 может рассматриваться как **элементарный структурный блок** так, что **система образования в целом представляется некоторой композицией таких блоков** (подробнее о примере такой композиции будет представлено в сообщении В.М. Монахова и Т.М. Ериной). Эффективное формирование таких композиций –

это еще одна инструментальная возможность для оптимизации системы образования, т.к. при этом могут исключаться дублирующие органы в управлении, представляющие системную вязкость.

3. Роль внешних контуров управления: вопросы прогнозирования. Данный элемент обеспечивает мониторинг тенденций развития с целью отслеживания актуальных и оптимальных стратегических трендов необходимых научных исследований.

Общий вид моделей прогнозирования строится на основе кинетического уравнения М. Эйгена (Нобелевская премия по химии, 1967) [5], описывающего процесс самоорганизации эволюционирующей биологической системы:

$$\frac{dx_i}{dt} = (F_i - R_i) x_i + \sum_{i \neq l} \varphi_{il} x_i, i = \overline{1, m} \quad (1)$$

где x_i – концентрация i -го носителя информации; F_i, R_i – соответственно, скорости образования и убыли x_i ; φ_{il} – скорость образования x_i по другим каналам $i \neq l$ передачи информации в рассматриваемой системе.

Пример 1. Крупнейший представитель афинской философской школы Сократ (ок. 469-399гг. до н.э.) разработал оригинальный так называемый «сократовский» метод обучения, который сейчас больше известен как «вопросно-ответная система обучения», реализуемая посредством диалога между учителем и учеником. Среди стратегий постановки вопросов в основном выделяются три направления:

1. Обучаемый в ходе диалога подводится к противоречию, из которого, по закону исключенного третьего, следует вывод истинного утверждения;
2. В процессе диалога формируются новые понятия;
3. В ходе диалога формулируется проблема.

Сократовский метод обучения в диалоге в общих чертах можно рассматривать в рамках представления об уровне актуального развития обучаемого, который с помощью наводящих вопросов постепенно наращивается в пределах зоны ближайшего развития данного обучаемого субъекта. В этом случае, если, например, уровень знаний S' должен быть поднят до уровня S , то процесс обучения описывается последовательностью [4]:

$$S' = S_0; S_1 = S_0 \cup \Delta S_0; S_2 = S_1 \cup \Delta S_1; \dots; S_n = S_{n-1} \cup \Delta S_{n-1} = S, \quad (2)$$

где $S_k; \Delta S_k$ – соответственно, уровень актуального и зона потенциального развития на k -м шаге обучения, $k = \overline{0; n-1}$. Таким образом, знание формируется за счет постепенного приращения знаний зоны ближайшего развития. Уровень актуального развития S_k' легко устанавливается с помощью тестирования, а зона потенциального развития ΔS_i при обучении в диалоге учитель-ученик поддерживается автоматически, т.к., если поставленный вопрос ставит ученика в тупик, то учитель такой вопрос всегда может скорректировать так, что вопрос окажется в соответствующей

зоне ближайшего развития этого ученика и, таким образом, диалог продолжится.

В терминах теории информации последовательность (2) можно выразить следующим рекуррентным (разностным) уравнением:

$$I_{k+1} = I_k + \Delta I_k, \quad (3)$$

где I_k – количество информации, соответствующее актуальному уровню знаний обучаемого субъекта на k -ом шаге обучения; ΔI_k – знания, которые активируются путем целенаправленного учебного воздействия на зону потенциального развития уровня I_k данного субъекта и, по мере наполнения уровня I_{k+1} в процессе $I_k \rightarrow I_{k+1}$, реализуется $(k+1)$ -й шаг обучения; параметр k последовательно пробегает целые значения $k = \overline{0; n}$ и, таким образом, в рамках процедуры (3) исходный уровень знаний I_0 планомерно поднимается до уровня I_{n+1} . При этом знания области ΔI_k , следуя классическим исследованиям [4], можно рассматривать как функции $\Delta I_k = \Delta I_k(I_k)$, полагая, что области ΔI_k развиваются на основе имеющегося опыта I_k посредством создания и разрешения соответствующих проблемных ситуаций в учебном процессе.

Зависимости $\Delta I_k(I_k)$ как правило, имеют нелинейный характер и, следовательно, уравнение (3) представляет собой нелинейное конечно-разностное уравнение 1-го порядка, описывающее некоторый итерационный процесс, реализующий разностный аналог уравнения Эйгена (1) при $m=1$. Такого рода нелинейные процессы в синергетике представляют класс так называемых одномерных отображений, в рамках которого моделируется широкое многообразие нелинейных процессов в природе [9].

Для оптимизации развивающего обучения определим информационные характеристики учебного процесса, моделируемого процедурой (3). В этом случае переход к уровню знаний происходит в результате «освоения» области посредством целенаправленного учебного воздействия на зону потенциального развития уровня обучаемого субъекта, так, что информационная энтропия в процессе развивающего обучения (3) составит:

$$H = \sum_{k=0}^n \Delta I_k p_k = - \sum_{k=0}^n p_k \log_2 p_k, \quad (4)$$

где p_k – вероятность усвоения совокупности знаний области ΔI_k . Оптимизация в рамках данной учебной модели, естественно, строится посредством минимизации информационной энтропии (4), что подразумевает целенаправленное воздействие на вероятности p_k , которые определяются экспериментально с помощью специальных тестовых процедур, методика проведения которых описана в работе [4]. Кроме того, среди дидактов существует мнение, что условие $p_k \geq 0,7$ можно рассматривать как математический критерий дидактического принципа

завершенности процесса обучения.

Пример 2. Модель согласования системы образования с рынком занятости. Этот процесс описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx}{dt} = (a - cy)x, \quad \frac{dy}{dt} = (bx - d)y, \quad (5)$$

Модель (5) представляет частный случай уравнения Эйгена (1.) при $m=2$ сводится к известной модели В. Вольтерра «хищник-жертва» в теории борьбы за существование, в которой процесс эволюции обусловлен видовым освоением геобиосферы Земли [6]. В данном случае «жертвами» и «хищниками», соответственно, выступают продукт системы образования x и рынок занятости y ; коэффициенты a и b характеризуют интенсивности выпуска продукта и появления рабочих мест, а коэффициенты c и d – это интенсивность спроса и сокращения нерентабельных производств.

Анализ данной модели показывает [6], что зависимость численностей «хищника» и «жертвы» от времени при взаимодействии имеет периодический характер. При этом оказывается, что из этих зависимостей удастся оценить скорость процесса, т.е. время, необходимое на воспроизводство «хищника» в зависимости от быстроты использования пищевых ресурсов (быстроты «выедания»). Эту информацию дает сдвиг фаз между колебаниями численности «хищника» и «жертвы», причем если этот сдвиг равен нулю (синфазность колебаний), то происходит «медленное выедание», если же сдвиг равен 180° (антифазность колебаний), то «хищник» очень медленно реализует пищевые ресурсы и имеет короткий цикл размножения («быстрое выедание»).

Пример 3. В случае $i; l \in \{1; 2; 3\}$ эффективность прогнозов в рамках модели (1) в 90-х гг. прошлого века была продемонстрирована на системе образования РФ, когда рецепты «шоковой терапии» привели к серьезному сокращению финансовых ресурсов России, что грозило сокращением ассигнований на образование в 2-3 раза [7]. Тогда в 1994 г. со стороны Всемирного банка реконструкции и развития России был предложен кредит в размере 2 млрд. долларов на «реструктуризацию системы образования» на весьма жестких условиях [8]. Для экспертной оценки приемлемости условий кредита Министерство образования России, по согласованию с Всемирным банком, обратилось к специалистам ИПМ им. М.В.Келдыша РАН и ЯГУ им. П.Г.Демидова с целью спрогнозировать последствия этих условий в 5, 10, 20-летней перспективе на уровне макроэкономики.

Исходя из представлений нелинейной динамики, удалось установить [9;10], что экономическое развитие страны укладывается в рамки дискретной 3-параметрической модели: один параметр характеризует ресурсы, другой – ВВП и третий параметр – потенциал науки и образования.

Таким образом, предложенная прогностическая модель является

более мягкой моделью (в смысле В.И. Арнольда [11]), по сравнению с моделью Вольтерра [6], т.к. в геобиосфере, по выражению В.И. Вернадского, происходит выделение «царства разума, меняющего коренным образом и ее облик, и ее строение, – ноосферы» [12].

Анализ макромоделей показал, что поведение рассматриваемой системы сильно зависит от двух факторов. Первый – это *время запаздывания*: если наука и образование внезапно начнут работать намного лучше, то экономика это почувствует только через 3-5 лет. Второй фактор – это *восприимчивость к инновациям*, который устанавливался по данным статистики ООН: принимая восприимчивость японской экономики за 10 баллов, для экономики США этот фактор оказывается 8 баллов, для Западной Европы – 6 баллов, а для СССР и России – это всего 1 балл. Результаты реализации макромоделей [7] представлены на рис. 2.

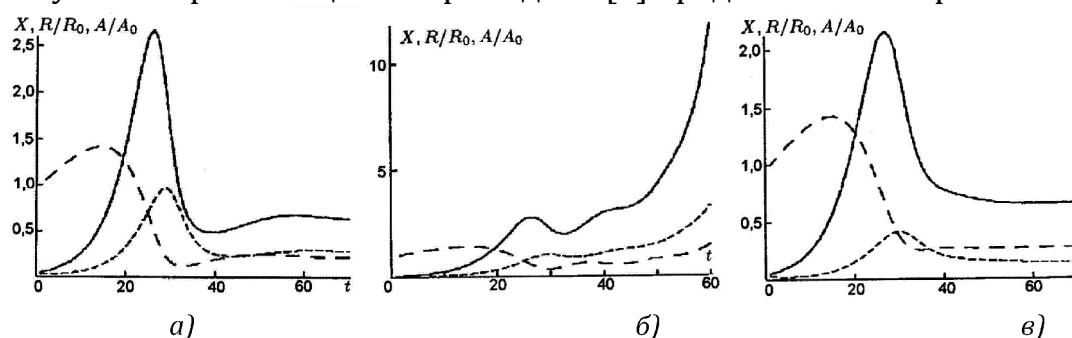


Рис. 2. Траектории макропараметров экономики (усл. ед.) и влияние инновационной восприимчивости и финансирования интеллектуальной сферы: X – ресурсы (длинный пунктир); R – уровень объема производства (сплошные линии); A – уровень научно-технического потенциала (короткий пунктир); t – время в годах; индекс 0 – отвечает исходному значению параметра.

На рис. 2а страна богатая ресурсами планирует индустриализацию и вкладывает деньги в науку. Если при этом экономика невосприимчива в отношении реализации инноваций, то примерно через 20 лет начинается уменьшение ресурсов и в перспективе такая страна выходит на малопродуктивный уровень возобновляемых ресурсов.

Если за счет реформ инновационная восприимчивость экономики увеличена, то возникает ситуация на рис. 2б. В этом случае примерно через 25 лет уровень развития достигает локального максимума, за которым наблюдается непродолжительный спад, обусловленный переходом на новые ресурсы развития (поскольку наука и образование должным образом финансируются), и примерно после 30 лет происходит дальнейший рост, который обеспечивается интеллектуальной сферой. При этом расход ресурсов изменяется довольно слабо (рис. 2б). Однако, если на фазе интенсивного роста (рис. 2б) финансирование науки и образования сократить вдвое, то имеем ситуацию на рис 2в, который не отличается от низко продуктивного режима на рис. 2а.

Насколько повлияли рекомендации российских ученых на принятие

решения сказать трудно, но, так или иначе, от этого кредита Всемирного банка отказались. Однако негативный прогноз в отношении инерционного сценария развития российской науки и образования в полной мере не возымел действия и его последствия оправдываются в виде снижения качества образования, и «утечки мозгов».

6. Особенности метрологии открытых систем: фрактальные меры. В силу теоремы Пригожина (п.1), динамика эволюции открытых систем, обладает целевым аттрактором, структура которого, как правило, имеет неординарные метрические свойства [2;3]. Поскольку система образования является открытой системой и процессы в данной системе направлены на достижение поставленных целей образования (целевого аттрактора) посредством некоторой психолого-педагогической деятельности, то отсюда следует неординарность метрических свойств структуры такой деятельности и это имеет прямое экспериментальное подтверждение [4].

Наличие метрических парадоксов говорит о том, что процедура измерений таких объектов проводится более сложным образом, и их размерность уже не укладывается в рамки традиционных топологических представлений [16]. Корректное измерение, в этом случае, может проводиться с привлечением концепции размерности Ф. Хаусдорфа [17]⁹, в которой размерность может принимать дробные значения и предусматривает нахождение меры Хаусдорфа, определяющей оригинальную нормировку для единиц измерения рассматриваемого объекта [17].

Природа парадоксов такого рода связана с замечательной теоремой, доказанной в 1930 г. С. Мазуркевичем и С. Банахом [19], которая, по сути, утверждает, что класс объектов, измерение которых укладывается в рамки универсальных стандартных метрических процедур, крайне мал и большинство объектов природы при измерении, так или иначе, **требуют оригинальных метрических процедур**. В дальнейшем, такого рода объекты стали называться *фрактальными или фракталами*¹⁰. Под этим понимается некая структура, части которой, в каком-то смысле, подобны целому [18] и, именно, в этом ключе наглядно и доступно раскрывается суть теории фракталов в докладе ректора МГУ В.А. Садовниченко на Всероссийском съезде учителей математики (2010 год) [20].

Фактически, за счет фрактальной организации нейросетевых структур (гештальтов), человеческий мозг обеспечивает исключительно эффективную деятельность при решении огромного количества задач [9]. Поэтому, в системе образования фрактальность обусловлена

9 Судьба Феликса Хаусдорфа (1868-1942) весьма трагична. Он работал в Математическом институте Боннского университета, но из-за еврейского происхождения вместе со своей семьей покончил с собой, чтобы избежать депортации в фашистский концлагерь.

10 Термин «фрактал» (от лат. fractus – изломанный, дробный) ввел в употребление в 1975 г. американский математик Бенуа Мандельброт из Исследовательского центра им. Томаса Дж. Уотсона корпорации IBM.

психологическим компонентом образовательного процесса. Данное обстоятельство имеет ряд следствий, которые мы продемонстрируем на примерах:

Пример 4. Школьные методы контроля знаний и результаты ЕГЭ.

Неопределенность (энтропия) педагогического измерения является возрастающей функцией объема проверяемого учебного материала и размера тестируемой аудитории. Поэтому, если, например, речь идет о контроле знаний по предмету в некотором школьном классе, то минимальная неопределенность в оценках будет наблюдаться при текущем контроле знаний, которая возрастает при периодическом контроле и приобретает максимальную величину при итоговом испытании при переводе в следующий класс. При такой организации между контрольными мероприятиями, при необходимости, легко провести корректировку знаний.

Ситуация однако сильно меняется, если речь идет о выпускном классе полной общеобразовательной средней школы, когда в качестве итогового испытания используется ЕГЭ. В этом случае, по сравнению с обычной процедурой проведения школьных выпускных экзаменов, неопределенность результатов ЕГЭ колоссально возрастает, т.к. размер аудитории, тестируемой в рамках ЕГЭ, в современной России составляет около миллиона школьников. В этом случае неоднородности по уровню знаний в российском образовании порождают неопределенности, связанные с решением проблемы оптимального выбора уровня трудности и сложности тестовых заданий ЕГЭ, который бы оказался универсальным для российских школ. Но в данном случае, в силу фрактальной специфики, выраженной психологическим компонентом образовательного пространства, такой универсальной меры не существует и, следовательно, основной постулат ЕГЭ, связанный с обеспечением равных возможностей абитуриентам при поступлении в любой вуз России, ставится под сомнение.

Пример 5. Ранговые корреляции профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов в Саратовской области (2009-2011). В табл.1 представлены данные о профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов, полученные по результатам ЕГЭ в Саратовской области в 2009-2011 гг. [13] посредством ранжировки значимости предметов по числу респондентов, избравших данный профильный ЕГЭ (в скобках % от общего количества выпускников). Анализ данных табл.1, проведенный в работе [13], показывает, что имеют место ранговые корреляции с количеством респондентов по профильным предметам. Результаты анализа в двойных логарифмических координатах представлены на рис.3, откуда видно, что измеренные результаты ЕГЭ аппроксимируются прямыми,

$$\ln p(i) = \ln K - \ln (B + i), \quad (6)$$

где i – ранг значимости предмета; $p(i)$ – частота выбора i -го предмета; постоянные B , K и γ находятся методом наименьших квадратов по данным табл.1. Для результатов ЕГЭ-2009 получается $K=11,07$, $\gamma=2,13$; для ЕГЭ-2010:

$K=11,04$, $\gamma=2,20$ и во всех случаях $B=0$.

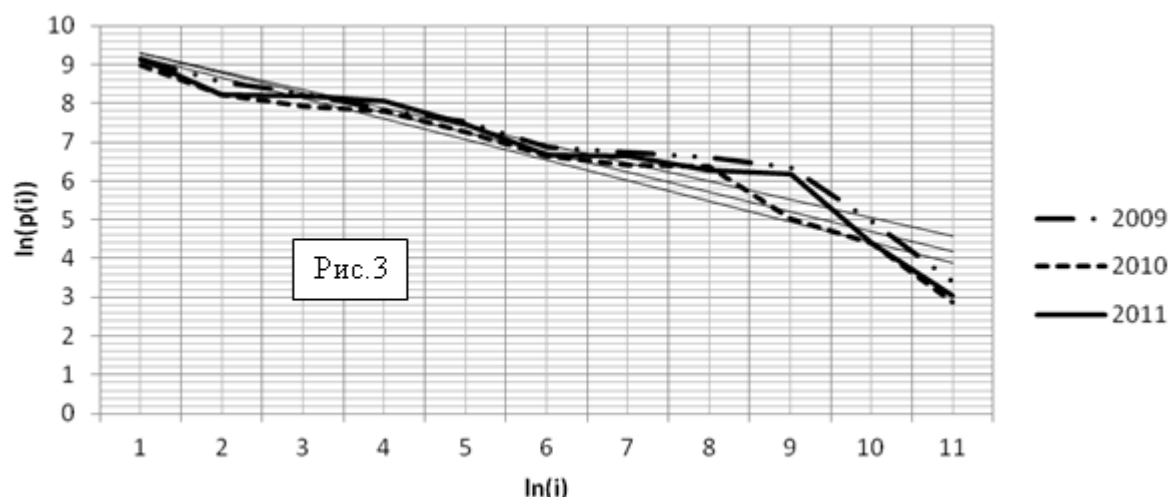
Таблица 1. Данные о профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов в Саратовской области в 2009-2011 гг.

Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2009 г.	Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2010 г.	Ранг	Кол-во респонд.	Предмет 2011 г.
1	9041	Обществознание	1	8032	Обществознание	1	9313	Обществознание
2	5120	История	2	3757	История	2	3764	История
3	3869	Физика	3	2776	Физика	3	3631	Физика
4	2513	Биология	4	2462	Биология	4	3131	Биология
5	1834	Химия	5	1410	Химия	5	1735	Химия
6	968	Инф-ка и ИКТ	6	775	Инф-ка и ИКТ	7	785	Литература
7	850	Литература	7	612	Литература	6	763	Инф-ка и ИКТ
8	742	Англ. язык	8	589	Англ. язык	8	536	Англ. язык
9	564	География	9	151	География	9	486	География
10	144	Немецкий язык	10	80	Немецкий язык	10	80	Немецкий язык
11	30	Франц. язык	11	18	Франц. язык	11	21	Франц. язык

Соотношение (6) – это хорошо известный частотный закон Ципфа-Мандельброта (Ц-М) [18], откуда получается:

$$\gamma = (\ln K / p(i)) / \ln(B+i), \quad (7)$$

т.е. величина γ в данном случае представляет не что иное, как фрактальную размерность по Хаусдорфу измеряемого объекта, о которой говорилось выше.



Анализ данных табл.1 и рис.3 говорит о том, что при проведении ЕГЭ в Саратовской области в 2009-2011 гг. наблюдались ранговые корреляции профессиональной направленности ЕГЭ-респондентов, аппроксимируемые законом Ц-М. Видно, что коэффициенты B ; K ; γ за данный период изменились слабо, и «лидирующая» группа предметов обществознание--

история--физика--биология—химия сохранилась. Относительно первенства общественности более тонкие наблюдения говорят о том, что для многих выбор этого предмета руководствовался не профессиональным выбором, а соображениями прагматического характера (приема в вуз, возможности реализации на рынке труда, величины зарплаты, карьерного роста и т.п.) [13]. Это также подтверждается результатами ЕГЭ-2012 [14], по которым «лидирующая» группа изменилась и приняла следующую конфигурацию: *обществознание--физика--биология—история--химия*. Таким образом, профессиональные предпочтения ЕГЭ-респондентов перемещаются в область естественных наук.

8. Современный инструментарий проектирования учебного процесса и методических систем обучения. В 80-х гг. прошлого века разработана *параметрическая модель учебного процесса*, реализованная в виде аксиоматической теории педагогических технологий (ТПТ), основными понятиями которой являются: *целеполагание, диагностика, коррекция, дозирование и логическая структура* (В.М. Монахов, [21]). Реализация ТПТ происходила поэтапно и включала:

1. Разработку технологической карты как проекта учебного процесса в границах учебной темы;
2. Создание базовых педагогических технологий: *проектирования учебного процесса, методической системы обучения и траектории профессионального становления учителя (специалиста)*;
3. *Успешную масштабную реализацию ТПТ*, начиная с середины 80-х гг. XX в. (тысячи школ РФ, Казахстана и Украины);
4. Создание *научно-педагогической школы В.М. Монахова и технологических учебников полного цикла, полностью отвечающих требованиям ФГОС*;
5. Разработку *технологии мониторинга качества формирования профессиональных компетенций* в рамках компьютерной системы аналитической обработки (КСАО) результатов диагностики;
6. Создание технологического учебника полного цикла, функционирование которого полностью соответствует ФГОС ВПО [22] (концепция этого учебника докладывалась на III конференции).

На рис.4 представлены результаты аналитической обработки индивидуальных учебных траекторий, выполненных в рамках КСАО в одной из групп МГГУ им. М.А. Шолохова, на основе которых происходит оценка качества обучения студентов.

На рис.5 приведена функциональная схема адаптивного управления учебным процессом в рамках КСАО.

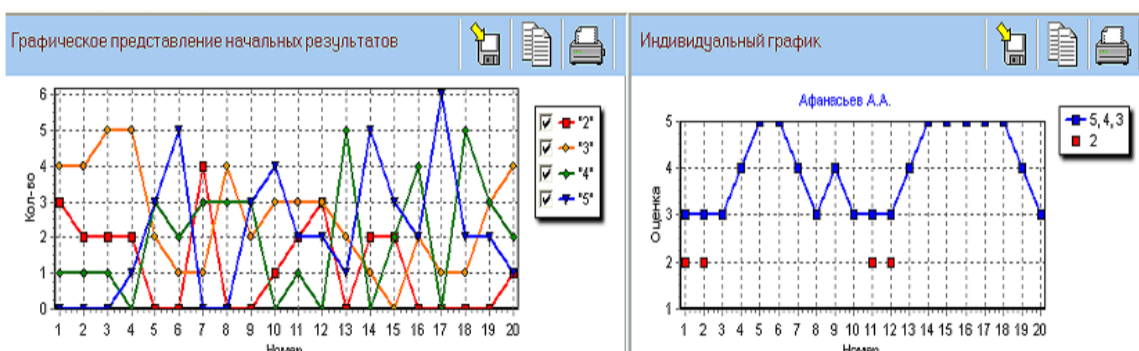


Рис. 4. Оптимизация технологии мониторинга качества в рамках КСАО

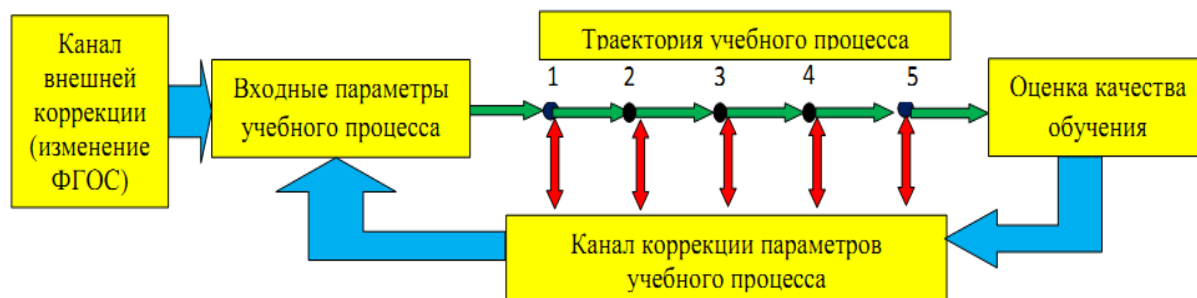


Рис. 5. Адаптивное управление учебным процессом на основе КСАО

9. Дидактическая переналадка и внутримодельные исследования дидактических процессов проще всего проводятся в рамках концепции А.Н. Колмогорова, который в области теории информации выделял три подхода [22]:

- количество информации по К. Шеннону на основе стохастической меры [23]. В рамках такого подхода управление учебным процессом происходит по принципу минимизации информационной энтропии данного процесса. Такой подход успешно реализован в рамках ИКТ при оптимизации группового сотрудничества в процессе обучения, а также в модели развивающего обучения для эффективного формирования дидактического контента по шагам траектории обучения [4];
- алгоритмическое количество информации по А.Н. Колмогорову [22], позволяющее моделировать сложность алгоритма обучения, например, при оптимизации логических доказательств [4];
- топологическое количество информации по Н. Рашевскому [24], реализующее на языке покрытий оптимизацию тематических разделов при подготовке учебного контента или в рамках модульного обучения [4].

10. Концепция модернизации образования РФ как адаптивной открытой системы. Концепция модернизации рассматривает образование как открытую систему с адаптивным управлением, которое проводится в рамках некоторой дифференциальной игры преследования [25], когда аттрактором цели выступают требования ФГОС, вариативная часть которого определяется профессиональными запросами рынка труда и

образовательные траектории формируются так, чтобы они попадали в область притяжения целевого аттрактора. Критерием качества в этом случае выступает величина отклонения образовательной траектории относительно области притяжения аттрактора цели [26].

Модель адаптивного управления образовательным процессом в этом случае предусматривает следующие основные структурные элементы:

1. Блок формирования образовательных траекторий для реализации целевого аттрактора (целей образования) согласно ФГОС. Данный элемент, на основе контент-анализа ФГОС и информационной модели развивающего обучения выделяет оптимальные образовательные траектории по критерию минимизации информационной энтропии [27].
2. Блок выделения оптимальных образовательных траекторий, реализующих требуемое качество обучения. Здесь, в рамках концепции толерантного пространства [15], среди выделенных траекторий отбираются те, которые лучше отвечают директивным критериям качества. Формально, процедура распознавания сводится к определению нормы в пространстве образов X , так, что, если существует определенное значение >0 (критерий качества), для которого $|\bar{x}_0 - \bar{x}| \leq \varepsilon$, то представленный образ $\bar{x} \in X$ можно идентифицировать с эталонным образом $\bar{x}_0 \in X$, хранящимся в памяти данного блока. Процесс распознавания образа в этом случае копирует работу мозга и происходит по неполной информации.
3. Блок адаптации – реализует обратную связь между предыдущими блоками при внесении корректировки целей образования при изменении параметров ФГОС.

Таким образом, предлагаемая концепция модернизации российского образования предусматривает «мягкое» адаптивное управление системой образования.

Другими словами очевидна необходимость создания некой дидактической системы реализации процесса модернизации, которая по своей природе должна быть адаптивной и открытой для взаимодействия с внешней средой. Кроме этого, указанная дидактическая система модернизации с наперед заданными свойствами выстраивает оптимальным образом все виды исследовательской и экспериментальной деятельности, обеспечивающие модернизацию отечественного образования.

Заключение. Анализ проблем современного образования РФ наглядно показывает, что их разрешение требует привлечения синергетических представлений, из которых следует:

1. Управление системой образования – это адаптивное управление с внешним и внутренним каналами обратной связи. Оптимальное управление в данном случае сводится к эффективному согласованному взаимодействию

этих каналов.

2. Фрактальность педагогического измерения в системе образования обусловлена психологическим аспектом образовательного процесса. Каждый педагогический объект обладает собственной мерой и, в этом смысле, дидактически уникален.

3. В России на базе Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН существует научная школа нелинейного прогнозирования, достижения которой необходимо продуктивно распространять в области образования.

4. Вопросы планирования в образовании требуют четкой теории стандартизации, которая должна следовать принципам мобильности и адаптивности, т.е. легкости подстройки к текущим изменениям в государстве.

5. Переналадку и внутримодельное исследование в дидактике целесообразно проводить в рамках 3-компонентной информационной концепции А.Н. Колмогорова.

6. Предлагаемая авторами концепция модернизации российского образования рассматривает образование как систему с адаптивным управлением, представляя модернизацию в рамках некоторой дифференциальной игры преследования, когда аттрактором цели выступают требования ФГОС. Такой подход, фактически, демпфирует неизбежные издержки государственного управления в сфере образования.

Литература

1. Боровских А.В., Розов Н.Х. Деятельностные принципы в педагогике и педагогическая логика. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 80 с.
2. Пригожин И., Николис, Г. Самоорганизация в неравновесных системах. – М.: Мир, 1979. – 512 с.
3. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
4. Фирстов В.Е. Кибернетическая концепция и математические модели управления дидактическими процессами при обучении математике в школе и вузе. – Саратов: Издательский Центр «Наука», 2010. – 511 с.
5. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. – М.: Мир, 1973. – 214 с.
6. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 286 с.
7. Малинецкий Г.Г., Курдюмов С.П. Синергетика, прогноз и управление риском // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – С. 378-405.
8. Россия: образование в переходный период // Доклад Всемирного банка, 1995. – Всемирный банк: Управление Европы и Центральной Азии, департамент III. Отдел социальных ресурсов. 1995. – 250 с.
9. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 312 с.
10. Малинецкий Г.Г. Выбор стратегии // Компьютерра, №38 (513), 7 октября 2003 г. – С. 25-31.
11. Арнольд В.И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. – М.: Изд-во МЦНМО, 2004. – 32 с.
12. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: Айрис-пресс, 2009. – 576 с.
13. Фирстов, В.Е., Иванов Р.А. Ранговые корреляции профессиональной направленности результатов ЕГЭ в Саратовской области (2009-2011 гг.) // Материалы Междунар. науч. конф.: Компьютерные науки и информационные технологии. 1-4 июля 2012 г. (Саратов,

- Россия) – Саратов: ИЦ «Наука», 2012. – С. 123-129.
14. Оценка качества образования в Саратовской области (по результатам сдачи ЕГЭ в 2012 году): Сборник аналитических материалов. (1 этап). Часть 1. / Отв. редактор – Гончарова Г.А. – Саратов: ГКУ СО «РЦОКО», 2012. – 95 с.
 15. Зиман, Э., Бьюнеман, О. Толерантные пространства и мозг // В кн. На пути к теоретической биологии. Под ред. Б.Л. Астаурова. – М.: Мир, 1970. – С. 134-144.
 16. Александров П.С. Введение в теорию множеств и общую топологию.– М.:Наука,1977. – 368 с.
 17. Hausdorff F. Dimension und ausseres Mass // *Mathematische Annalen*, 1919, Bd. 79. – SS. 151-179.
 18. Мандельброт Бенуа Б. Фрактальная геометрия природы. Пер. с англ. А.Р. Логунова. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 666 с.
 19. Медведев Ф.А. Очерки истории теории функций действительного переменного. – М.: Наука, 1975. – с. 219.
 20. Садовничий В.А. О математике и ее преподавании в школе. – М.: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2010. – 24 с.
 21. Монахов, В.М. Введение в теорию педагогических технологий / Монография. Волгоград: Изд.-во Перемена, 1995. – 152 с.
 22. Колмогоров, А.Н. Три подхода к определению понятия «количество информации» // Проблемы передачи информации, 1965, т.1, №1. – С. 3-11.
 23. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. 829 с.
 24. Rashevsky N. Live, Information Theory and Topology // *The Bulletin of Mathematical Biophysics*. – Chicago, 1955, V.17, №3. – P. 25-78.
 25. Петросян,Л. А.Дифференциальные игры преследования.– Л.:Изд-во ЛГУ,1977. – 222 с.
 26. Цыпкин, Я.З. Основы теории обучающихся систем. – М.: Наука, 1970. – 252 с.
 27. Фирстов, В.Е. Экспертные системы и информационная концепция развивающего обучения // Ярославский педагогический вестник, 2009, №1(58). – С. 69-73.

Шухман А. Е.¹, Мотылева М.В.²

¹Оренбургский государственный университет (ОГУ), зав. кафедрой, shukhman@gmail.com

²Оренбургский государственный университет (ОГУ), научный сотрудник,
m.motyleva@gmail.com

Проектирование системы подготовки ИТ-специалистов с поддержкой индивидуальных образовательных траекторий

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Проектирование, система, ИТ-специалист, образовательная траектория, компетенция, подготовка.

АННОТАЦИЯ:

В статье описан подход к проектированию и реализации многоуровневой системы непрерывных образовательных программ для ИТ-отрасли. Содержание подготовки определяется на основе системы обобщенных профессиональных компетенций, уровни образования соответствуют уровням компетенций. В рамках реализованной системы возможна поддержка индивидуальных образовательных траекторий студентов как внутри одной образовательной программы, так и в многоуровневой системе в целом.

Введение

Основная проблема развития отрасли информационных технологий (ИТ) в России в настоящее время связана с дефицитом высококвалифицированных кадров. По оценкам Министерства связи и массовых коммуникаций до 2018 года в отрасли появится более 350 тысяч рабочих мест, из которых только 150 тысяч будет заполнено выпускниками системы профессионального образования.

Кроме того уровень подготовки выпускников очень часто не соответствует требованиям работодателей. В значительной степени это несоответствие определяется бурным развитием информационных технологий, постоянными изменениями в номенклатуре профессий отрасли ИТ и в содержании профессиональных компетенций специалистов. Как правило, набор требуемых компетенций для конкретного рабочего места в отрасли не соответствует полностью ни одной образовательной программе. Наиболее востребованы специалисты, которые одинаково хорошо разбираются в различных областях сферы ИТ, способные быстро перестраиваться, постоянно совершенствовать уровень своей компетентности.

Для решения проблем, стоящих перед системой подготовки ИТ-

специалистов, требуется внести принципиальные изменения в структуру и содержание подготовки для обеспечения гибкости образовательной системы, возможности опережающего реагирования на потребности работодателей и конкретных студентов.

В настоящее время разработаны проекты Федеральных образовательных стандартов по специальностям СПО и направлениям ВПО. Стандарты нового поколения не включают жестких требований к содержанию обучения, предусматривают в образовательных программах значительную вариативную часть, что дает возможность гибко менять содержание обучения. Однако образовательные стандарты и программы подготовки на различных уровнях часто не согласованы, основаны на несовместимых системах компетенций, что приводит к проблемам при обеспечении преемственности образовательных программ разных уровней, реализации возможности сокращенного и ускоренного обучения и поддержки индивидуальных образовательных траекторий обучающихся.

Предлагаемый в настоящей статье подход к проектированию содержания образовательных программ для подготовки ИТ-специалистов основан на разработке единой системы профессиональных компетенций для отрасли ИТ.

Разработка структуры и содержания системы профессиональных компетенций для отрасли ИТ

В наших предыдущих работах [1,2] представлена методика разработки структуры и содержания системы обобщенных профессиональных компетенций для инновационных отраслей экономики, к которым, без сомнения, относится отрасль ИТ. Анализ отечественных и зарубежных профессиональных стандартов и квалификационных систем показал, что их невозможно непосредственно использовать для разработки содержания образовательных программ, поскольку в качестве квалификационных характеристик используются знания, умения и навыки, а не интегрированные компетенции.

Кроме того, количество различных знаний, умений и навыков очень велико, они не образуют систему, не выделены общие компетенции для всех профессий и специализированные компетенции. Существует необходимость в формировании структуры профессиональных компетенций, выделении уровней компетенций, разработке квалификационных характеристик каждой профессии на основе определения достаточного уровня компетенции. Основой для разработки систем компетенций служат образовательные стандарты, профессиональные стандарты, требования работодателей и действующие образовательные программы подготовки специалистов.

Предложена структура системы обобщенных профессиональных компетенций для инновационных отраслей экономики, основанная на сопоставлении результатов деятельности, видов деятельности и уровней образования, предусматривающая пять уровней

компетенций, включенных друг в друга по мере усложнения, нарастающих по функционалу, сложности и самостоятельности достижения результата.

Первый уровень – готовность к практическим типичным действиям по образцу. Это профессионально-личностное качество обеспечивается в краткосрочной начальной профессиональной подготовке, предполагает подробное описание работнику простых трудовых действий.

Второй уровень – готовность к регламентированным самостоятельным ответственным действиям предполагает широкое использование умений в данной компетенции на практике, в основном, в стандартных ситуациях, в соответствии с существующими регламентами, предусматривает ответственность исполнителя за свои действия, ограниченную самостоятельность в принятии решений.

Третий уровень – готовность к прикладной самостоятельной практической деятельности в инновационных условиях, предполагает деятельность, связанную с решением проблем в нестандартных ситуациях, контролем и коррекцией действий подчиненных, предусматривает ответственность за действия группы исполнителей, достаточную самостоятельность в принятии решений. Предполагается рационализаторская деятельность, обусловленная потребностью во внедрении новых технологий и процессов.

Четвертый уровень – готовность к проектированию, конструированию, разработке и реализации инновационных продуктов, технологий и услуг, предполагает решение прикладных задач и проблем, знание методологии и общих принципов принятия решений в инновационной отрасли, предусматривает ответственность за действия коллектива, самостоятельность в принятии решений, инициативность, рационализаторство и изобретательство.

Пятый уровень – готовность к исследованию и прогнозированию в сфере инноватики, предполагает деятельность в области методологии и разработки общих принципов данной компетенции, принятие принципиальных решений, влияющих в целом на деятельность организации, экспертизу деятельности и продукции, управление коллективом исполнителей, предусматривает ответственность за действия коллектива, высокую самостоятельность в принятии решений.

Нами разработана методика формирования системы обобщенных компетенций, включающая предварительное формирование перечня компетенций и их содержания на основе профессиональных и образовательных стандартов, установление субъектов, актуализирующих содержание обобщенных компетенций, описание взаимодействия с субъектами для уточнения роли и ресурсов каждого из них при формировании системы обобщенных компетенций, анкетирование субъектов для уточнения структуры и содержательного наполнения обобщенных компетенций, корреляционный анализ представлений субъектов и коррекцию содержания обобщенных компетенций [2].

Методика была использована при разработке структуры и содержания системы компетенций для отрасли ИТ. Предварительное формирование перечня и содержания обобщенных профессиональных компетенций производилось на основе профессиональных стандартов для отрасли ИТ [3]. Российские профессиональные стандарты включают в себя описание должностей и соответствующих им квалификационных уровней, видов трудовой деятельности, трудовых функций, требующих конкретных знаний, умений и навыков.

Значительные трудности вызвала задача отнесения единиц профессионального стандарта (знаний, умений, навыков), которые выступают результатами образовательной программы, к определенным обобщенным профессиональным компетенциям, а также к их конкретным уровням. На начальной стадии формирования структуры компетенций мы использовали статистические методы, относящиеся к кластерному анализу.

Первоначальное выделение кластеров, которые служат основой будущих компетенций, проводилось на основании выделения восьми базовых направлений подготовки ИТ-специалистов, соответствующих основным ИТ-специальностям. Это – разработка программного обеспечения (ПО), разработка информационных ресурсов, проектирование баз данных, системное администрирование, информационная безопасность, ИТ-менеджмент, эксплуатация вычислительной техники и компьютерных сетей, разработка технической документации. Далее все элементы профессиональных стандартов были отнесены к одному из этих кластеров на основе экспертных оценок. Для каждого элемента оценивался от 0 до 4 уровень соответствия базовому направлению. Для кластеризации использовался итерационный метод k -средних. В качестве эталонных точек кластеров выбирались элементы, имеющие только одну ненулевую компоненту по мнению всех экспертов (то есть заведомо принадлежащие заданной компетенции).

После выделения базовых компетенций было отмечено, что результаты обучения распределились по кластерам неравномерно. Так, наиболее перегруженными оказались кластеры «разработка программного обеспечения» и «ИТ-менеджмент». В результате каждый из этих кластеров была разделен на несколько компетенций, причем в первом случае объектом деления стало отнесение элемента к одной из стадий разработки ПО, во втором – объект управления.

Таким образом, выделены компетенции «Управление проектами», «Управление персоналом», «Взаимодействие с пользователями и заказчиками», «Анализ и моделирование бизнес-процессов», «Управление ресурсами» в укрупненной группе компетенций «ИТ-менеджмент» и компетенции «Сбор и анализ требований к ПО», «Проектирование ПО», «Разработка программного кода», «Тестирование и отладка ПО», «Сопровождение ПО» в укрупненной группе компетенций «Разработка ПО».

На следующих этапах на основе анализа мнений субъектов

образовательного процесса: студентов, преподавателей и работодателей содержание компетенций было уточнено и скорректировано. Разработанная система обобщенных компетенций для отрасли ИТ позволяет создавать преемственные образовательные программы для различных уровней профессионального образования.

Разработка структуры и содержания образовательных программ подготовки ИТ-специалистов

На основе анализа стандартов общего образования и начального профессионального образования разработаны профильные образовательные программы информационно-технологического профиля для средней школы с профессиональной подготовкой в области ИТ [4].

Теоретическая часть подготовки реализуется за счет профильных дисциплин (математики, информатики и физики) и дисциплин по выбору учебного плана. Практическая часть подготовки (учебная и производственная практика) осуществляется в рамках внеучебной проектной, научно-познавательной и общественно-полезной деятельности старшеклассников. Результаты профессиональной подготовки формулируются в виде общекультурных и профессиональных компетенций. В старшей школе возможно формирование только двух начальных уровней каждой компетенции.

Разработаны программы профессиональной подготовки по профессиям «Мастер по обработке цифровых ресурсов» и «Настройщик компьютерных сетей». Разработанные программы соответствуют первому квалификационному уровню по востребованным профессиям отрасли ИТ «Специалист по информационным ресурсам» и «Системный администратор». Разработанные программы прошли апробацию в школах и учреждениях дополнительного образования Оренбургской области в сотрудничестве с Оренбургским государственным университетом.

На основе анализа федеральных образовательных стандартов высшего профессионального образования разработана методика конструирования программ подготовки бакалавров для инновационных отраслей экономики [5]. Профили подготовки бакалавров соответствуют основным профессиям инновационных отраслей, при этом конкретные знания, умения и навыки могут быть отнесены к определенному уровню некоторой компетенции.

Для каждой отрасли необходимо разработать содержание системы компетенций и определить матрицу соответствия профессий и определенных уровней профессиональных технологических компетенций. Матрица позволяет выявить набор компетенций, которые должны быть сформированы образовательной программой по конкретному профилю. На основе этого набора компетенций становится возможным определить дисциплины вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы. Для упрощения разработки планов по конкретным профилям разработан макет вариативной части

многопрофильного учебного плана по направлениям подготовки бакалавров.

Разработанная методика была использована в Оренбургском государственном университете для конструирования многоуровневой системы подготовки в области ИТ. Разработанная модель подготовки бакалавров позволяет готовить специалистов по шести наиболее востребованным базовым профессиям для отрасли ИТ: «Специалист по информационным ресурсам», «Системный администратор», «Программист», «Администратор баз данных», «Специалист по информационным системам», «Системный аналитик». Установлено соответствие между уровнями профессиональных компетенций и квалификационными уровнями для каждой профессии.

Для структурирования дисциплин подготовки предлагается использовать блочно-модульный подход. При разработке блочно-модульной структуры профессиональной подготовки блоки соответствуют основным профессиональным компетенциям (или укрупненным группам компетенций). Каждый блок содержит отдельные модули подготовки, соответствующие определенным темам, выделенным для некоторых компетенций на основе их сложной внутренней структуры.

Каждый модуль содержит теоретическую часть и практическую, которой соответствует определенный набор заданий учебной и производственной практики. Предложен алгоритм разработки содержания модулей подготовки на основе содержания профессиональных компетенций, обоснована технология разработки основной образовательной программы.

Единая система компетенций для образовательных программ для всех уровней подготовки дает возможность реализовать эффективное построение индивидуальных образовательных траекторий студентов.

Построение индивидуальных образовательных траекторий студентов в системе ИТ образования

Каждая образовательная программа профессионального образования включает как обязательные дисциплины и модули, так и курсы по выбору. Каждый студент создает свою индивидуальную образовательную траекторию, выбирая курсы в начале учебного года или семестра. Чаще всего курсы выбираются недостаточно осознанно, без учета требований к будущей квалификации выпускника.

Индивидуальный образовательный маршрут определяется учеными как целенаправленно проектируемая дифференцированная образовательная программа, обеспечивающая учащемуся позиции субъекта выбора, разработки и реализации образовательной программы при осуществлении преподавателями педагогической поддержки его самоопределения и самореализации (С.В. Воробьева, Н.А. Лабунская А.П. Тряпицына, Ю.Ф. Тимофеева и др.). Индивидуальный образовательный маршрут определяется образовательными потребностями,

индивидуальными способностями и возможностями учащегося, а также существующими стандартами содержания образования. Индивидуальная образовательная траектория (Г.А. Бордовский, С.А. Вдовина, Е.А. Климов, Л.С. Лисицына, В.С. Мерлин, Н.Н. Суртаева, И.С. Якиманская и др.) предусматривает наличие индивидуального образовательного маршрута (содержательный компонент), а также разработанный способ его реализации (технологии организации образовательного процесса).

Мы разработали эффективные методы проектирования и сопровождения индивидуальных образовательных траекторий студентов в региональной многоуровневой системе ИТ-образования, обеспечивающие осознанное достижение результатов обучения в виде востребованных на рынке труда компетенций.

В качестве базы для конструирования образовательных траекторий использована модель содержания образования на основе описанной выше системы обобщенных профессиональных компетенций отрасли ИТ, которая определяет результаты обучения на всех уровнях подготовки.

Модель содержания образования включает требования стандартов, содержание обобщенных профессиональных компетенций по уровням, перечень дисциплин основной образовательной программы, содержание дисциплин в виде дидактических единиц, а также взаимосвязь дисциплин и компетенций.

В предыдущей статье [6] мы описали модель индивидуальных образовательных траекторий в рамках одной образовательной программы на основе маркированной сети Петри. Эта модель была доработана для представления траекторий в многоуровневой непрерывной системе ИТ-образования.

При этом вводится два уровня при выборе траектории. Первый предполагает выбор направления подготовки и профиля образовательной программы на определенном уровне профессионального образования, второй определяет выбор дисциплин в вариативной части образовательной программы.

В качестве позиций сети Петри выступают результаты обучения (содержательные единицы компетенций), переходам в сети соответствуют отдельные дисциплины, модули, курсы образовательных программ в региональной системе образования. Поиск оптимальной образовательной траектории сводится к поиску оптимального пути в дереве состояний сети Петри.

При построении образовательной траектории можно использовать различные критерии оптимальности, такие как количество изучаемых дисциплин, продолжительность обучения, максимальный уровень компетенций за заданное время обучения и др. Возможно также применение многокритериальной оптимизации индивидуальных образовательных траекторий на основе нескольких выбранных критериев.

На основе предложенной методики спроектирована распределенная

информационная система в виде интернет-ресурса, доступного для студентов и работодателей.

Для студента разрабатываемая система даст возможность осознанно делать выбор направлений обучения, профилей, дисциплин внутри профиля, дополнительных образовательных программ с учетом имеющегося набора компетенций и заданного результата обучения.

Для работодателя разрабатываемая система предоставит возможности подбора выпускников с необходимыми компетенциями на основе анализа образовательных программ, формирования предварительного заказа на компетенции будущих выпускников, определения оптимальных путей для переподготовки персонала.

Заключение

Предложенная система многоуровневой непрерывной подготовки ИТ-специалистов на основе единой системы профессиональных компетенций для отрасли ИТ позволяет проектировать преемственные образовательные программы для различных уровней профессионального образования. При этом обеспечивается согласованность программ различных уровней, максимальное соответствие квалификации выпускников потребностям работодателей.

Гибкость и индивидуальная настройка содержания программ достигается за счет применения индивидуальных образовательных траекторий обучающихся, как в рамках одной образовательной программы, так и образовательной системы в целом.

Для оптимального проектирования и сопровождения индивидуальных образовательных траекторий студентов можно эффективно использовать информационную систему, основанную на модели содержания образования и процесса обучения в виде сети Петри.

Предложенные в исследовании модели и методики могут быть использованы при разработке непрерывных образовательных программ в организациях, осуществляющих подготовку ИТ-специалистов, что приведет к повышению качества подготовки, востребованности выпускников на рынке труда.

Исследование выполнено при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (проект 13-07-97027 р-поволжье-а).

Литература

1. Шухман А.Е., Белоновская И.Д., Цветкова К.Е. Модель непрерывной многоуровневой подготовки специалистов для инновационных отраслей экономики // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №2. – С. 390-395.
2. Белоновская И.Д., Шухман А.Е., Морковина Э.Ф. Специфика разработки системы обобщенных профессиональных компетенций для подготовки работников инновационных отраслей экономики // Высшее образование сегодня – 2012 – №9 – С. 33-38.
3. Профессиональные стандарты в области ИТ, Москва: АПКИТ, 2012. URL: <http://apkit.ru/committees/education/meetings/standarts.php>
4. Shukhman A., Belonovskaya I., Belonovsky P. Professional training in the field of information

technology at secondary schools // Proceedings of the International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL 2012), IEEE Catalog Number: CFP1223R-USB, 26 – 28 Sep. 2012, Villach, Austria.

5. Shukhman A.E., Belonovskaya I.D. Continuous educational program constructing for training specialists in innovative branches of economy on the basis of generalized competences system // Proceedings of the International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL 2012), IEEE Catalog Number: CFP1223R-USB, 26 – 28 Sep. 2012, Villach, Austria.
6. Shukhman A.E., Belonovskaya I.D., Motyleva M.V. Individual learning path modeling on the basis of generalized competencies system // Proceedings of the 2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), March 13-15, 2013, Berlin, Germany – pp. 1023-1026 .

Толстобров А.П.¹, Протасова И.В.², Коржик И.А.³

¹ Воронежский государственный университет, начальник управления И и КТ,
tap@main.vsu.ru

² Воронежский государственный университет, химический факультет, доцент,
protasova@chem.vsu.ru

³ Воронежский государственный университет, Центр электронных образовательных технологий, директор, ikorzhib@gmail.com

Система анализа статистики тестирования как средство самооценки преподавателем Электронного Образовательного Ресурса

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Электронный образовательный ресурс, статистика, тестирование, самооценка, Moodle.

АННОТАЦИЯ:

В электронной образовательной среде Moodle на базе учебных курсов «Управление данными» и «Архитектура ЭВМ» для студентов 3 курса факультета компьютерных наук Воронежского госуниверситета проведен статистический анализ результатов опросов в тестовой форме с целью разработки методики анализа его качества. Оценка статистических параметров вопросов и тестов в целом осуществлялась с использованием математического аппарата расширенной статистической теории (Generalizability Theory, GT) и современной параметрической теории Item Response Theory (IRT). Проведено сопоставление полученных результатов с уровнем подготовленности студентов. Показано, что характеристики качества теста в целом и отдельных вопросов, полученные с помощью встроенного функционала Moodle на основе расширенной статистической теории (Generalizability Theory, GT) могут быть использованы как средство самооценки преподавателем качества электронного образовательного ресурса.

В сфере высшего профессионального образования широкое распространение приобретает тестовая форма контроля знаний. Востребованность оценки знаний в тестовой форме связана как с технологичностью процесса тестирования, так и с желанием повысить уровень объективности при оценивании знаний обучаемых.

Однако, при всех достоинствах тестов существуют и недостатки, обусловленные не только формой, но и процедурой тестирования. Создание новых тестовых заданий промежуточного, текущего и итогового контроля для формирования базы тестовых заданий по дисциплине требует больших временных затрат преподавателя, тщательности проработки и

структурирования материала курса. При этом массовость тестирований по одной дисциплине часто невелика, а повторное тестирование для оценки качества теста на той же выборке испытуемых практически невозможна [1,2].

Для повышения надежности тестов в такой ситуации необходимо иметь средства анализа его качества на этапе конструирования. Представляется возможным для оценки качества тестовых заданий при его создании и определения путей повышения надежности теста использовать математический аппарат статистической теории тестов [1-3].

В данной работе проведен анализ качества тестовых заданий реализованных в электронной образовательной системе Moodle с помощью математического аппарата расширенной статистической теории (Generalizability Theory, GT) и современной параметрической теории Item Response Theory (IRT), а так же сравнение результатов выполнения тестовых заданий с уровнем подготовленности опрашиваемых.

С целью выявления факторов, оказывающих влияние на результаты выполнения тестов студентами в системе Moodle, был проведен анализ результатов тестовых контролей в курсах «Архитектура ЭВМ» и «Управление данными» на протяжении всего освоения дисциплин в 2012/2013 учебном году на факультете компьютерных наук.

Для исследования выбраны учебные курсы, которые изучались студентами одного факультета, имеют схожую структуру формирования из банка вопросов, схожий формат подготовки к тестированию и условия его проведения. В процессе обучения студенты имели доступ к примерам тестовых заданий. Во время проведения тестирования обучающий материал был закрыт.

Курс «Архитектура ЭВМ» содержал 3 тематических теста и один итоговый, включающий вопросы по всем темам курса. Курс «Управление данными» включал два тематических теста и один итоговый, включающий вопросы по всем темам курса.

По мере проведения тематических тестирований «неуспешные» студенты отсеивались. Таким образом, первое тестирование выполняли все студенты курса, однако это их первый опыт. Второе тестирование так же выполняли почти все студенты курса, третий для дисциплины «Архитектура ЭВМ» – самые подготовленные, а итоговый в обоих курсах – самые «неуспешные». «Успешными» и «неуспешными» считались студенты, проявившие себя таковыми при изучении других учебных дисциплин и показавшие соответствующие результаты при прохождении предыдущих тестирований в анализируемых курсах [4]. Статистический анализ результатов тестовых испытаний осуществляли с использованием встроенного функционала электронной образовательной среды Moodle [5].

Средствами, заложенными в системе Moodle, проводилась статистическая оценка качества отдельных вопросов и теста в целом. Для анализа качества вопросов в Moodle используются: *Индекс легкости*,

Стандартное отклонение баллов (позволяет судить о дифференцирующей способности вопросов), параметр *Случайности угадывания оценки* (зависящий от типа вопроса), *Предполагаемый вес вопроса* (зависит от максимально возможного балла за каждый вопрос и количества вопросов), *Эффективный вес* (реальный вклад вопроса в оценку), *Коэффициент дифференциации* и *Эффективность дифференциации* (отражающие степень независимости вопросов).

Статистическая оценка теста в целом осуществляется путем нахождения *Средней оценки для первой попытки*; *Средней оценки по всем попыткам*; *Медианы оценки* (для первой попытки); *Стандартного отклонения* (для первой попытки); *Асимметрии* (для первой попытки); *Экцесса* (для первой попытки); *Коэффициента внутренней согласованности* (надежности) теста (для первой попытки) – коэффициента Кронбаха; *Error ratio* (для первой попытки) – коэффициента, учитывающий процент стандартного отклонения, определяющийся случайными эффектами; *Стандартной ошибки* (для первой попытки) – определяет диапазон оценки.

Полученные в Moodle значения статистических параметров теста в дальнейшем использовали для анализа исследуемых тестовых заданий.

В таблице 1. приведена статистические характеристики тестовых заданий курса «Архитектура ЭВМ» за один семестр обучения.

Табл. 1 Статистические характеристики тестовых заданий курса «Архитектура ЭВМ»

Название курса	Идентификатор	Количество полных оцененных первых попыток	Средняя оценка для первой попытки	Медиана оценки (для первой попытки)	Стандартное отклонение (для первой попытки)	Асимметрия (для первой попытки)	Экцесс (для первой попытки)	Коэффициент внутренней согласованности	Error ratio (для первой попытки)	Стандартная ошибка (для первой попытки)	Банк вопросов	Число вопросов в тесте	Время тестирования
Архитектура ЭВМ	Тест1-12	215	72,72%	77,10%	19,79%	-0,7782	-0,2324	89,93%	31,73%	6,28%	301	34	45
Архитектура ЭВМ	Тест2-12	213	77,25%	84,14%	21,37%	-1,2222	0,5736	91,83%	28,57%	6,11%	89	29	45
Архитектура ЭВМ	Тест3-12	108	81,77%	86,89%	15,48%	-0,8796	-0,1797	89,03%	33,11%	5,12%	120	43	45
Архитектура ЭВМ	Тест_экзамен	43	45,32%	42,11%	24,34%	0,1608	-1,1232	92,10%	28,11%	6,84%	258	38	50

Следует отметить, что все тестовые задания курса «Архитектура ЭВМ» показывают хорошую надежность (выше 89%) и достаточно низкую стандартную ошибку (менее 7%). Вышеуказанный режим оценки усвоения материала при изучении дисциплины «Архитектура ЭВМ» и подготовленность студентов не оказывают влияния на надежность теста и достоверность оценки, а заметно влияет на среднюю оценку первой попытки.

Достоверность полученных студентами оценок подтверждается результатами анализа средних оценок и стандартных ошибок первых попыток в курсе «Управление данными» (таб. 2). Действительно, участие, в основном, «неуспешных» студентов в итоговых тестах анализируемых

курсов приводит к низкой средней оценке за тест. Однако эта оценка может считаться достоверной, т.к. стандартная ошибка ее определения не превышает 7%, хоть и заметно выше, по сравнению с тематическими тестами. Увеличение стандартной ошибки определения оценки, вероятно, обусловлено заметным снижением числа оценок (43 и 16).

Табл. 2 Статистические характеристики тестовых заданий курса «Управление данными»

Название курса	Идентификатор	Количество полных оцененных первых попыток	Средняя оценка для первой попытки	Медиана оценки (для первой попытки)	Стандартное отклонение (для первой попытки)	Асимметрия (для первой попытки)	Экцесс (для первой попытки)	Коэффициент внутренней согласованности	Eror ratio (для первой попытки)	Стандартная ошибка (для первой попытки)	Банк вопросов	Число вопросов в тесте	Время тестирования
Управление данными	Тест_Атт1	227	76%	78%	16%	-0,72	0,19	90%	31%	5%	132	52	50
Управление данными	Тест Атт2 11	223	64,80%	66,60%	21,10%	-0,273	-0,684	92,70%	27,00%	5,70%	260	50	50
Управление данными	Тест экзамен 2013	16	38,84%	41,35%	9,57%	-0,2452	-1,1141	47,89%	72,19%	6,91%	247	40	50

Если в случае итогового теста в курсе «Архитектура ЭВМ», снижение числа первых попыток до 43 не снизило внутреннюю согласованность теста, то в случае итогового теста курса «Управление данными» снижение числа первых попыток до 16 приводит к уменьшению внутренней согласованности теста (47,89%!) и увеличению степени случайности в оценке дисперсии (72,19% при максимально возможном значении 50%) [2].

Такой результат может быть обусловлен недостаточным размером анализируемой выборки.

Таким образом, анализ результатов тематического и итогового тестирования курсов «Архитектура ЭВМ» и «Управление данными» показал хорошую согласованность с подготовленностью студентов, участвующих в тестировании, что хорошо коррелирует с ранее проведенными исследованиями [6].

Все используемые в курсах тесты имеют достаточный банк вопросов и структуру, позволяющие выставить оценку студенту за тест с высокой точностью (стандартная ошибка не превышает 7%, при максимально возможной – 8% [5]).

Анализ наглядно продемонстрировал невозможность использования тестовых заданий для малых выборок опрашиваемых.

Анализируемые тестовые задания содержали от 29 до 52 вопросов, что оказалось достаточным для надежной оценки результатов тестирования. Даже уменьшение количества вопросов в два раза не делает результаты анализируемых тестов ненадежными [7]. Значительное влияние на надежность тестового задания оказывает размер выборки ответов, на основании которой определяется оценка за тест (табл. 1,2).

Анализ качества разработанных тестов с использованием математического аппарата расширенной статистической теории тестов,

используемой в Moodle, по оценке надежности исследованных тестов показал, что полученная средствами Moodle оценка надежности тестов (коэффициент Кронбаха) хорошо согласуется с оценками надежности теста, полученными в анализе с помощью аппарата классической статистической теории [7].

Качество тестового задания определяется его структурой и качеством отдельных вопросов. Оценка качества заданий теста проводилась с использованием математического аппарата расширенной статистической теории (*Generalizability Theory, GT*) и современной параметрической *Item Response Theory (IRT)*.

Полученные в Moodle статистические характеристики тестов позволили оценить частотное распределение оценок первых попыток каждого контроля и сделать вывод о сложности заданий для опрашиваемого контингента обучающихся. Было установлено, что все первые тестовые задания в исследованных курсах «Архитектура ЭВМ» и «Управление данными» имеют высокую среднюю оценку, максимум распределения смещен к 72,75% и 76 % соответственно (рис.1). Это свидетельствует об излишней легкости теста для опрашиваемых студентов, поэтому преподавателю следует задуматься над добавлением в опрос более сложных заданий или над выявлением легких, решаемых всеми студентами.

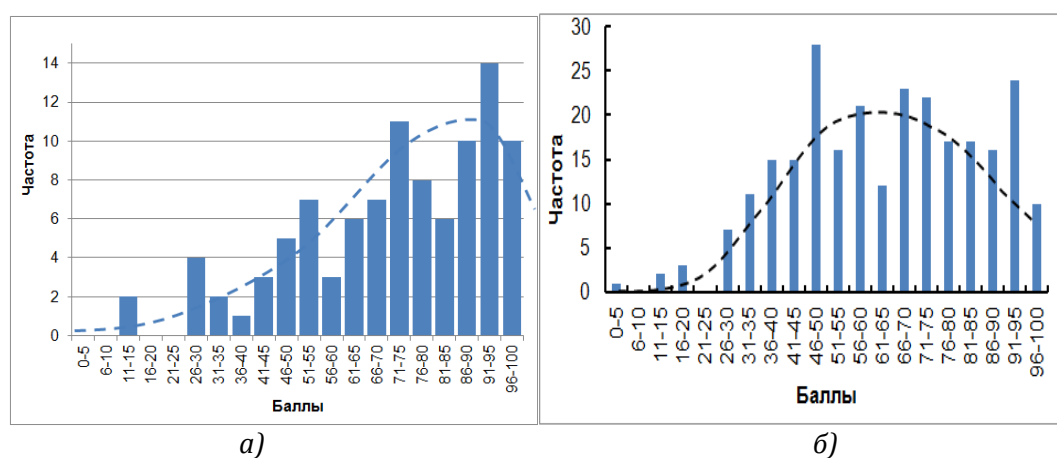


Рис. 1. Пример частотного распределения оценок: а) Контроль 1 курса "Архитектура ЭВМ"; б) Контроль 2 курса "Управление данными"

Функционал Moodle предоставляет средства статистической оценки качества вопросов, такие как стандартное отклонение оценки за вопрос, индекс легкости вопроса, эффективный коэффициент дифференциации вопроса. Анализ этих параметров заданий теста позволил выявить вопросы, требующие корректировки или исключения из теста [7].

Так, если стандартное отклонение оценки вопроса не ниже 30%, то в соответствии с требованиями педагогической теории измерений является хорошим показателем их дифференцирующей способности задания.

Задания же, для которых это значение меньше 0,3 такой способностью не обладают и должны быть переработаны. Анализ величин стандартного отклонения оценок первых попыток каждого вопроса был проведен для всех тестовых заданий курсов «Архитектура ЭВМ» и «Управление данными», что позволило выявить ряд заданий требующих корректировки. Для оценки легкости/трудности заданий в системе Moodle рассчитывается величина индекса легкости задания (ИЛ). Сложность заданий должна соответствовать уровню подготовки испытуемых. Тест в целом должен включать в себя комплекс заданий различной сложности — от легких до трудных [1,2].

Полученные данные для исследуемых тестов показали, что используемые базы тестовых заданий достаточно равномерно представляют вопросы различного уровня сложности, при этом легкие — «очевидные для всех», практически отсутствуют, однако вопросы сложные, «никем не решаемые», с индексом легкости ниже 0,1 имеют место.

Важной статистической характеристикой дифференцирующей способности тестовых заданий, которую позволяют вычислять средства Moodle, является Коэффициент Дифференциации (КД). Считается, что задание обладает достаточной дифференцирующей способностью, если коэффициент дифференциации имеет значение больше или равное 30%. Анализ величины КД для рассматриваемых случаев показал наличие вопросов с низкой дифференцирующей способностью, $КД < 30\%$. Так же был выявлен ряд вопросов, имеющих отрицательный коэффициент дифференциации.

Таким образом, статистический анализ тестовых заданий, проведенный на основе результатов тестирования в системе электронного обучения Moodle с позиции расширенной статистической теории тестирования позволил выявить факторы, влияющие на надежность тестовых заданий. Такой анализ может служить основой для создания новых тестовых заданий и корректирования уже имеющихся в условиях отсутствия возможности его апробации на разных выборках опрашиваемых.

С целью выявления оптимальных средств самооценки преподавателем разрабатываемых тестов был проведен анализ тестовых заданий курсов «Архитектура ЭВМ» и «Управление данными» с помощью одно- и двухпараметрической теории *IRT* [1,2].

Использование однопараметрической модели Раша [1,2] позволило оценить распределение вопросов тестовых заданий по сложности в зависимости от уровня подготовленности опрашиваемых (рис.2).

Анализ распределений характеристических кривых тестовых заданий позволил оценить равномерность распределения вопросов по сложности и спрогнозировать пути редактирования теста по пути изменения количества вопросов заданной сложности.

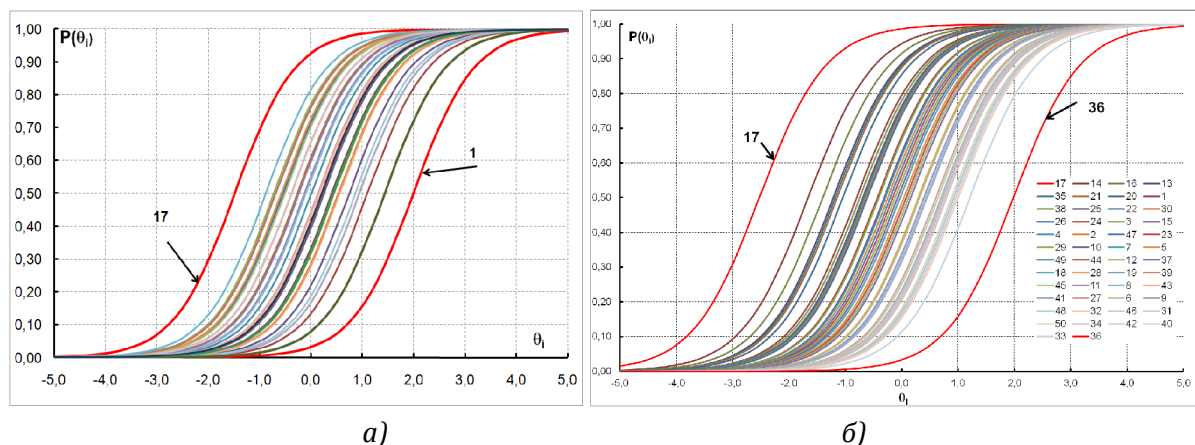


Рис. 2. Пример характеристических кривых тестовых заданий для однопараметрической модели Г.Раша: а) Контроль 1 курса "Архитектура ЭВМ"; б) Контроль 2 курса "Управление данными"

Сравнительный анализ реально наблюдаемых ответов на вопросы с теоретически прогнозируемыми по однопараметрической модели IRT для анализируемых тестов позволил выявить вопросы для корректирования (рис. 3).

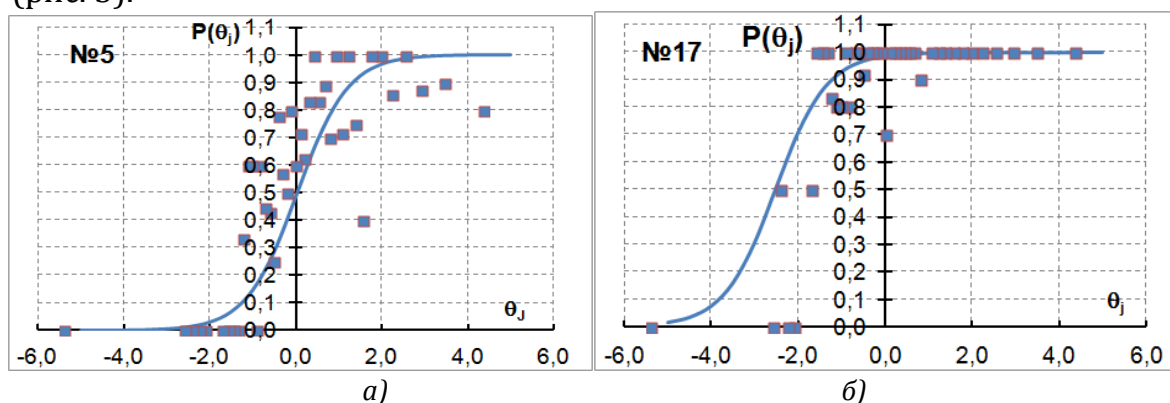


Рис. 3. Пример оценки качества вопроса по однопараметрической модели Раша (Контроль 1 курса "Архитектура ЭВМ"): а) хорошо составленное задание; б) очень легкое задание. Характеристическая кривая (линия) и экспериментальные данные (точки)

Другим путем определения качества вопроса является ведение дополнительного параметра, учитывающего его дифференцирующую способность (модель А.Бирнбаума) (рис.4).

Анализ информационных функций ответов, полученных по двухпараметрической модели А.Бирнбаума, позволил выявить неинформативные вопросы, требующие корректировки или замены.

Сопоставление оценок качества тестов, основанных на различных моделях современной теории педагогических измерений показало, что при разработке контрольно-измерительных материалов в тестовой форме необходима оценка качества создаваемого теста и его корректировка в процессе использования. При оценке качества теста следует анализировать как качество вопросов, так и всего теста.

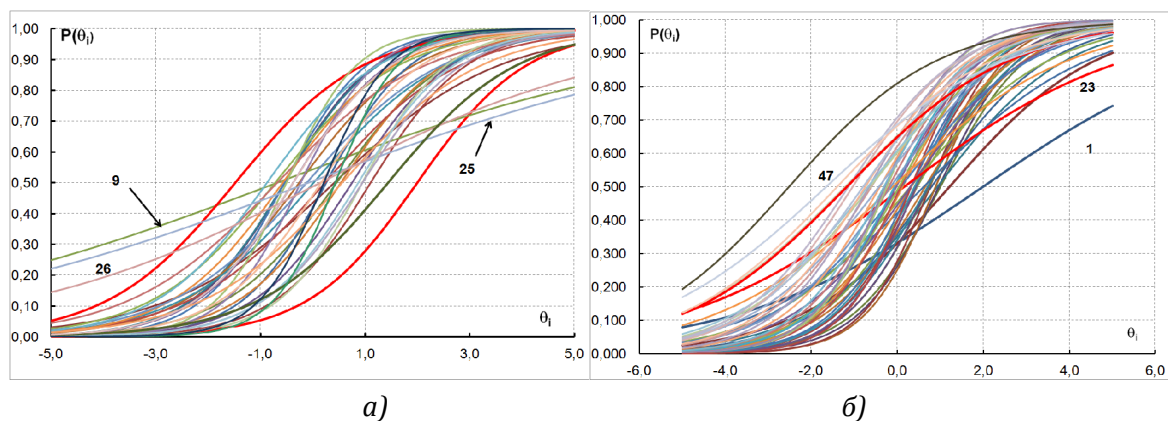


Рис. 4. Пример характеристических кривых тестовых заданий для двухпараметрической модели IRT (А. Бирнбаум): а) Контроль 1 курса "Архитектура ЭВМ"; б) Контроль 2 курса "Управление данными"

Необходимым, но недостаточным для оценки качества тестов является математический аппарат классической теории. Корректная же оценка качества вопросов видится при использовании параметрической модели Item Response Theory. Расширенная статистическая теория (Generalizability Theory), реализованная в модуле статистического анализа электронной образовательной среды Moodle, позволяет учитывать влияние на качество теста и ошибку определения оценки длины тестового задания, числа первых попыток оценок (тестируемых студентов), а также свойств вопросов, таких как, сложность, стандартное отклонение оценки по вопросу, вероятность угадывания на надежность теста. Поэтому видится достаточным на первом этапе при создании теста в электронной образовательной среде Moodle проводить оценку его качества с помощью встроенного в среду модуля статистического анализа, что позволит создавать контрольно-измерительные материалы в тестовой форме, позволяющие достоверно оценивать качество подготовки студентов.

Таким образом, анализ статистических параметров оценок знаний в тестовой форме средствами Moodle позволяет выявлять слабые места в структуре и содержании теста, устранять их с целью повышения надежности тестового задания и может быть использован преподавателем как средство самооценки качества разрабатываемого электронного ресурса.

Литература

1. Чельшкова М. Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов. – Москва: «Логос», 2002, – 431 с.
2. Ким В. С. Тестирование учебных достижений. – Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. – 214 с.
3. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стэнли – М.: Прогресс. – 1976. – 496с.
4. Толстобров А.П. Возможности анализа и повышения качества тестовых заданий при использовании сетевой системы управления обучением MOODLE / А.П. Толстобров, И.А. Коржик // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. — Воронеж, 2008. — № 2. – С. 100-106.

5. Сайт MoodleDocs. – (<http://docs.moodle.org/ru/>)
6. Коржик И. А. Некоторые методы увеличения качества сценария теста в Moodle / И.А. Коржик, И.В. Протасова, А.П. Толстобров // Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса государств-участников СНГ : сборник докладов Международной интернет-конференции, Минск, 1-30 нояб. 2012 г. — Минск, 2012 .— С. 213-221 .
7. Коржик И. А. Некоторые методы увеличения качества сценария теста в Moodle / И.А. Коржик, И.В. Протасова, А.П. Толстобров // Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса государств-участников СНГ : сборник докладов Международной интернет-конференции, Минск, 1-30 нояб. 2012 г. — Минск, 2012 .— С. 213-221.

Морзе Н.В.¹, Кочарян А.Б.²

¹ Киевский Университет имени Бориса Гринченка, проректор по вопросам информатизации и управленческой деятельности, n.morze@kubg.edu.ua

² Киевский университет имени Бориса Гринченка, младший научный сотрудник, a.kocharian@kubg.edu.ua

Информационно-коммуникационная компетенция преподавателей современного университета. Корпоративные стандарты

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационно-коммуникационные технологии, информационно-коммуникационные компетенции преподавателя высшей школы, корпоративные стандарты университета,

АННОТАЦИЯ:

В статье раскрываются пути формирования информационно-коммуникационных компетенций преподавателей современных университетов. Представлен анализ изучения данного вопроса в научных кругах Украины и России. Детально описана модель и структура корпоративного стандарта информационно-коммуникационных компетенций преподавателя на примере Киевского университета имени Бориса Гринченко.

Экономические изменения, происходящие во всем мире, требуют пересмотра роли высшего учебного заведения в обществе в связи с необходимостью подготовки не только грамотного специалиста, но специалиста, владеющего навыками, необходимыми для того, чтобы быть успешным в 21 столетии. Глобальные мировые тренды развития образовательных технологий обуславливают потребность в инновационных реформах системы высшей школы. Такая реформа должна способствовать конкурентоспособности высшего учебного заведения.

Управление изменениями на государственном уровне требует инновационных подходов, в том числе и в сфере подготовки и повышении квалификации профессорско-педагогических кадров. Под инновационным подходом подготовки кадров, а именно профессорско-преподавательского состава современного университета, мы понимаем развитие профессиональных компетенций, отличающихся от накопления знаний, умений и навыков, указанных в образовательных стандартах: образовательно-квалификационных характеристиках и образовательно-профессиональных программах подготовки, разработанных Министерством образования и науки Украины.

Понятийный аппарат компетенций обсуждается в научных кругах с 70-х годов 20 столетия. Но только в последнее время в связи со

стремительным развитием информационно-коммуникационных технологий, когда потребность в новых знаниях опережает темпы их приобретения, понятие компетенции все больше привлекает внимание исследователей в области подготовки и повышения квалификации научно-педагогических кадров современного университета. Поэтому в высших учебных заведениях Украины острой является потребность научно-педагогических кадров, способных формировать у студентов навыки 21 столетия, используя современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ).

Вопросами формирования и развития информационно-коммуникационных компетенций преподавателей высшей школы занимаются многие ученые и педагоги. Так, проблемы формирования компьютерной грамотности и информационной культуры отображены в работах Н.В. Апатовой, Л.П. Бабенко, С.П. Балашова, М.И. Жалдака, А.Н. Пехоты, Ю.В. Рамского и др.

Вопросы интеграции ИКТ в учебный процесс высшей школы исследуют В.Ю. Быков, М.И. Жалдак, А.Ю. Кравцова, Н.В. Морзе, А.Н. Спирин, Н.В. Чичерина и др.

Пути использования ИКТ в процессе профессиональной подготовки педагогов нашли свое отображение в работах А.О. Андрияка, С.А. Бешенкова, Р.С. Гуревича, И.В. Роберт, С.В. Панюковой, Л.И. Мартиросян, С.А. Сысоевой и др.

Методические основы подготовки специалистов в системе непрерывного образования в условиях современного информационного пространства разрабатываются Н.Е. Астафьевой, Я.А. Ваграменко, Н.В. Морзе, В.В. Олейником, Г.А. Проценко, С.А. Сысоевой, О.М. Спириным и др.

Анализ научных трудов свидетельствует о важности и необходимости формирования и развития информационно-коммуникационной компетенции профессорско-преподавательских кадров современного университета. Вместе с тем, вопрос методологии и описания действующей модели развития информационно-коммуникационной компетенции преподавателя высшей школы остается недостаточно изученным и актуальным.

В данной статье описывается экспериментальная модель внедрения корпоративных стандартов информационно-коммуникационной компетенции преподавателя современного классического университета на примере Киевского Университета имени Бориса Гринченка.

В Оксфордском словаре понятие «компетенция» трактуется как «способность». Спенсер определяет компетенцию как базовую характеристику человека, которая и обеспечивает ему способность к эффективной профессиональной деятельности. Компетенция также определяется как приобретенная в процессе обучения интегрированная способность личности, состоящая из знаний, опыта, ценностей и отношений, которые могут целостно реализоваться на практике.

Корпоративные стандарты – правила и принципы, которым следуют все сотрудники учреждения. Целесообразность их введения в отдельно взятом университете объясняется отсутствием таких на региональном или государственном уровне – с одной стороны, и объективной необходимостью повышения требований к профессиональной компетенции преподавателей – с другой. По нашему мнению, корпоративный стандарт принимается в университетах для создания позитивной мотивации при внедрении неких инноваций в практику работы и не может быть ниже, чем существующий на уровне государства или при его отсутствии – ниже европейского, в тех случаях, когда появляются необходимые и достаточные условия для быстрого внедрения инновационных процессов. Корпоративный стандарт информационно-коммуникационной компетенции преподавателя университета – документ, разработанный на основе консенсуса и утвержденный Ученым советом университета, который устанавливает предназначенные для общего и многоразового использования сотрудниками норм (стандартов) эффективного использования информационно-коммуникационных технологий по определённым уровням и направлениям. Уровни сформированности информационно-коммуникационных компетенций определяются конкретными показателями и индикаторами (Схема 1).



Схема 1. Модель корпоративного стандарта информационно-коммуникационной компетенции преподавателя университета

Целью внедрения корпоративного стандарта информационно-коммуникационной компетенций преподавателей является обеспечение информативной открытости внутренней политики и публичности университета, свидетельство соблюдения высоких стандартов владения информационно-коммуникационными технологиями и соблюдение корпоративной культуры преподавателями университета. Стандарт улучшает имидж учебного заведения и определяет пути достижения коллективом университета своей миссии и задач.

Корпоративный стандарт информационно-коммуникационной компетенции педагогических и научно-педагогических сотрудников

Киевского университета имени Бориса Гринченко разработан в соответствии со следующими документами:

- типовое Положение про аттестацию научно-педагогических работников [1];
- структура информационно-коммуникационной компетенции учителя, рекомендации, рекомендации ЮНЕСКО [13];
- национальная рамка квалификаций [10];
- стандарт ISO 29990:2010 [14].

За основу создания такого стандарта была принята структура ИКТ-компетенции, разработанная ЮНЕСКО [13]. Взаимодействие трех подходов к обучению, основанных на развитии человеческого потенциала («Использование ИКТ», «Усвоение знаний» и «Производство знаний») и шести аспектов работы («Понимание роли ИКТ в образовании», «Учебная программа и оценивание», «Педагогические практики», «Технические и программные средства ИКТ», «Организация и управление образовательным процессом», «Профессиональное развитие») формируют структуру информационно-коммуникационной компетенции преподавателя высшей школы.

Таблица 1. Структура корпоративного стандарта информационно-коммуникационной компетенции преподавателя университета

	Уровни стандарта	
Индикаторы	Применение ИКТ	Освоение знаний
Понимание роли ИКТ в образовании	Знакомство с образовательной политикой	Понимание образовательной политики
Учебная программа и оценивание	Базовые знания	Использование знаний
Педагогические практики	Использование ИКТ	Решение комплексных задач
Средства ИКТ	Базовые инструменты	Сложные инструменты
Организация и управление образовательным процессом	Традиционные формы учебной работы	Групповое сотрудничество
Профессиональное развитие	Компьютерная грамотность	Помощь и наставничество

I уровень – применение ИКТ

Стратегической задачей подхода «Применение ИКТ» должна быть подготовка и повышение квалификации преподавателей, которые смогут использовать ИКТ в своей педагогической деятельности. На начальном этапе реализации данного подхода предусматривается формирование навыков отбора и использования в своей работе учебных и (или) игровых программ, различных веб-ресурсов, а также тренажеров для отработки навыков. Преподаватель должен уметь организовать работу со студентами

с использованием ИКТ, а также использовать ИКТ для достижения образовательных результатов. Кроме того, предусматривается развитие навыков использования ИКТ и для своего профессионального развития.

Критерии:

1. **Понимание роли ИКТ в образовании.** Преподаватели понимают государственную образовательную политику, политику Университета и роль ИКТ в образовании.
2. **Учебная программа и оценивание.** Преподаватели знают образовательные стандарты и требования к их оцениванию по своей учебной дисциплине. Умеют интегрировать ИКТ в учебную программу дисциплины.
3. **Педагогические практики.** Использование личностно-ориентированного обучения. Умение использовать ИКТ при обучении своей дисциплины.
4. **Технические и программные средства ИКТ.** Базовые знания и умения использования средств ИКТ для своей предметной области; гибкое умение их использования в зависимости от учебных целей. Умение использовать ИКТ, повышающие эффективность профессиональной деятельности. Подготовка на компьютере разнообразных дидактических материалов в виде инструкций для обеспечения индивидуальной и групповой работы студентов. Поиск в сети Интернет необходимых сведений и критическое их оценивание. Сбор и анализ данных с использованием ИКТ. Общение со студентами и коллегами средствами ИКТ. Использование текстового редактора, средств для подготовки презентаций, графических и мультимедийных программ, сервисов Веб 2.0.
5. **Организация и управление образовательным процессом.** Организация индивидуальной и групповой деятельности студентов. Способность предоставлять студентам свободный доступ к ИКТ.
6. **Профессиональное развитие.** Умение использовать ИКТ для получения ресурсов, необходимых для выполнения работы и профессионального развития.

II уровень – освоение знаний

Важной педагогической практикой в рамках данного подхода является совместная работа со студентами и коллегами, педагогика сотрудничества и проектная деятельность. Преподаватель должен уметь находить необходимые сведения, анализировать и структурировать проблемы, ставить задачи с применением ИКТ (Moodle , Office 365 и др.). Предполагается активное привлечение сетевых ресурсов, которые позволят студентам совместно работать, получать свободный доступ к информации и общаться с внутренними и внешними экспертами при анализе и решении поставленных перед ними проблем (задачей или проектом).

Критерии:

1. **Понимание роли ИКТ в обучении.** Преподаватели понимают государственную образовательную политику и роль ИКТ в обучении; разрабатывают учебные планы, которые направлены на достижение целей этой политики и решения приоритетных проблем.
2. **Учебная программа и оценивание.** Обладают глубоким уровнем знаний своего предмета и способны гибко их адаптировать к определенным учебным ситуациям. Способны формулировать комплексные проблемы, решение которых позволяет оценивать понимание студентами предмета.
3. **Педагогические практики.** Использование личностно-ориентированного обучения. Введение общих учебных проектов и групповой деятельности. Использование формирующего оценивания как основного инструмента, который корректирует учебную деятельность студентов.
4. **Технические и программные средства ИКТ.** Преподаватели знают различные средства ИКТ для своей предметной области, умеют гибко их использовать в различных ситуациях, возникающих при решении учебных задач и учебных проектов. Использование сетевых ресурсов для организации и координации совместной работы студентов. Использование онлайн-тематических каталогов и баз данных. Мотивация студентов к использованию ИКТ в учебной деятельности. Анализ и оценка достижений студентов с помощью ИКТ. Разработка инструкций для студентов с целью поиска, анализа, обобщения данных и сетевых ресурсов. Предоставление данных в виде графиков и таблиц, их интерпретация. Использование облачных технологий в учебной работе. Разработка и использование авторских электронных учебных курсов.
5. **Организация и управление образовательным процессом.** Организация индивидуальной и групповой деятельности студентов. Умение создавать гибкую учебную среду, ориентированную на интересы студентов и с гибким использованием ИКТ для организации совместной работы студентов.
6. **Профессиональное развитие.** Преподаватели должны уметь разрабатывать комплексные проекты и управлять их выполнением, сотрудничая с коллегами и используя ИКТ для получения информации от своих коллег, экспертов и для своего профессионального развития. Умение использовать ИКТ для получения ресурсов, необходимых для выполнения работы и профессионального развития, поиска, организации, анализа, интеграции и оценки сведений, которые необходимы для профессионального развития.

II уровень – производство знаний

Результатом должны стать сформированные у студентов навыки 21 столетия: научиться определять собственные цели учебной деятельности и

планировать их достижение. Задачей преподавателя будет моделирование подобного поведения, структурирование учебной деятельности студентов таким образом, чтобы они имели возможность получить необходимые знания и сразу использовать их в своей жизни. Преподаватель становится мастером обучения и «производителем», «творцом» знаний. Для этого необходимо уметь: разрабатывать цифровые образовательные ресурсы и настраивать образовательные электронные среды (например, Moodle), использовать ИКТ в качестве инструмента для формирования у студентов способности создавать знания и развивать собственное критическое мышление; поддерживать рефлексию как необходимую составляющую учебной работы.

Критерии:

1. **Понимание роли ИКТ в образовании.** Преподаватели понимают главную цель государственной образовательной политики и роль ИКТ в обучении, способны вносить свой личный вклад в обсуждение стратегий развития общества, разработку и реализацию государственных образовательных программ.
2. **Учебная программа и оценивание.** Преподаватели знают о комплексном характере развития человека, создании условий для результативного обучения. Умеют предвидеть и эффективно реагировать на проблемы в обучении студентов. На высоком уровне осознание и использование самооценивания и взаимооценивания.
3. **Педагогические практики.** Демонстрация (моделирование, личный пример и др.) процесса обучения (усвоения знаний). Создание ситуаций, в которых студенты используют свои способности.
4. **Технические и программные средства ИКТ.** Преподаватели организуют учебные сообщества в ИКТ-насыщенной среде. Используют ИКТ для развития профессиональных компетенций студентов создавать знания и рефлексивно постоянно учиться в течении жизни.
5. **Организация и управление образовательным процессом.** Преподаватель выполняет роль лидера, которой обучает и оказывает методическую поддержку. Воплощает в жизнь стратегическое видение учебного заведения как инновационного образовательного сообщества в ИКТ-насыщенной образовательной среде.
6. **Профессиональное развитие.** Преподаватели способны и мотивированы экспериментировать, непрерывно учиться и использовать ИКТ для построения профессионального научного сообщества, нацеленного на получение новых знаний.

Профессиональная компетентность преподавателя университета может составлять основную проблему, которая может тормозить процесс информатизации в системе образования и повышения его качества в современных условиях развития информационного общества. В этом процессе можно выделить два фактора: сформированность

інформаційно-комунікаційної компетенції преподавателя вищої школи і розвиток здатності впровадити в навчальний процес сучасні ІКТ; бути не тільки користувачем готових технологій, а й виступати створювачем знань з використанням сучасних ІКТ.

Розв'язання проблеми неготовності професорсько-педагогічних кадрів університетів до інтеграції ІКТ в навчальний процес ми бачимо в розробці системи розвитку їх інформаційно-комунікаційної компетенції. Одним з перших етапів є саме впровадження описаної в статті моделі корпоративного стандарту інформаційно-комунікаційної компетенції.

Литература

1. Типовое Положение про аттестацию научно-педагогических работников. [Электронный ресурс] – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1417-13>
2. Давыдов А.В. Многоуровневый подход к повышению квалификации преподавателей вуза в сфере информационно-коммуникационных. [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа: http://yspu.org/images/3/3e/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%94%D0%9F%D0%9E_%D0%A2%D0%95%D0%A5_%D0%A0%D0%95%D0%94..pdf#page=122. – Загол. з титула екрана. – Язык: рус. – Проверено: 27.09.2013.
3. Гнездилова К.Н. Корпоративная культура преподавателя высшей школы и его лояльность к вузу. Электрон. данные. – Режим доступа: http://edu.tltsu.ru/sites/sites_content/site1238/html/media86089/18_gnezdilova.pdf. – Загол. з титула екрана. – Язык: рус. – Проверено: 27.09.2013.
4. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи: Бібліотека з освітньої політики / Під заг. ред. О.В. Овчарук. – К.: «К.І.С.», 2004. – 112 с.
5. Максимова Л.П. Проблеми інформатизації вищої економічної освіти та засоби їх вирішення [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/SOC_Gum/pptp/2012_5/Maksim.pdf. – Загол. з титула екрана. – Язык: укр. – Проверено: 27.09.2013.
6. Морзе Н.В. Інформатичні компетентності професора – міф чи реальність? / Н. В. Морзе // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 2, Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання / М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. – К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2010. – Вип. 9 (16). – С. 89-95.
7. Морзе Н. В. Підготовка конкурентноздатного випускника магістратури в умовах сучасного університету / Н. В. Морзе та ін. // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія 5, Педагогічні науки: реалії та перспективи : наукове видання / М-во освіти і науки України, НПУ ім. М.П. Драгоманова. – Київ : Вид-во НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2011. – Вип. 27. – С.190-196.
8. Образцов П.І. Забезпечення процесу за умови інформатизації вищої школи // Педагогіка. 2003. №5 с. 27-33
9. Національний освітній глосарій: вища освіта / авт.-уклад. : І. І. Бабин, Я. Я. Болюбаш, А. А. Гармаш й ін.; за ред. Д. В. Табачника і В. Г. Кременя. – К. : ТОВ «Видавничий дім «Плеяди», 2011. – 100 с.
10. Про затвердження Національної рамки кваліфікацій. Кабінет Міністрів України; Постанова, Опис від 23.11.2011 № 1341 [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1341-2011-%D0%BF>. – Загол. с титула екрана. – Язык: укр. – Проверено: 27.09.2013.
11. Роль ІКТ у професійній підготовці майбутніх керівників навчальних закладів [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/ITZN/em9/content/09savieo.htm>. – Загол. с титула екрана. – Язык: укр. – Проверено:

27.09.2013.

12. Стандартизація і сертифікація процесів управління якістю освіти у вищому навчальному закладі. [Електронний ресурс]. – Електрон. даные. – Режим доступа: <http://pratsi.opu.ua/app/webroot/articles/1312122048.pdf>. – Загол. с титула екрана. – Язык: укр. – Проверено: 05.10.2013.
13. Структура ИКТ-компетентности учителя. Рекомендации ЮНЕСКО. [Электронный ресурс]. – Электрон. данные. – Режим доступа: <http://iteach.com.ua/files//content/5EDCFd01.pdf>. – Загол. с титула екрана. – Язык: укр. – Проверено: 01.10.2013.
14. Новый стандарт ИСО для повышения качества образовательных услуг и упрощения международного сравнения. [Электрон. ресурс]. – Электрон. даные. – Режим доступа: http://www.iso.org/iso/ru/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1384. – Язык: рус. – Проверено: 06.10.2013.

Курзаева Л.В.

ФГБОУ ВПО Магнитогорский государственный университет», начальник отдела образовательной политики и мониторинга качества образования, доцент кафедры информатики, lkurzaeva@mail.ru

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Современные средства оценки результатов обучения, компетентностный подход.

АННОТАЦИЯ:

Статья освещает методологические и методические особенности разработки систем тестовой оценки результатов обучения личности в парадигме компетентностного подхода, в том числе на основе рамки квалификаций. Приведены примеры тестовых заданий для ИТ-направлений подготовки разных уровней сложности.

Тестовая оценка результатов обучения личности в парадигме компетентностного подхода (на примере ИТ-направлений подготовки)

Активное внедрение компетентностного подхода в систему образования обуславливает поиск новых форм, методов и средств организации и реализации процесса профессиональной подготовки в вузе. Особую значимость приобретают вопросы построения подсистемы мониторинга образовательных достижений личности в системе управления качеством профессиональной подготовки.

Согласно требованиям ФГОС:

«8.1. Высшее учебное заведение обязано обеспечивать гарантию качества подготовки, в том числе путем... разработки объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников;

....

8.4. Для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей ООП (текущая и промежуточная аттестация) создаются фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций. Фонды оценочных средств разрабатываются и утверждаются вузом.

Вузом должны быть созданы условия для максимального приближения программ текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся к условиям их будущей профессиональной деятельности – для чего, кроме преподавателей конкретной дисциплины, в качестве внешних экспертов должны активно

привлекаться работодатели, преподаватели, читающие смежные дисциплины и так далее».

Большой потенциал в этом отношении имеют инновационные методы оценки результатов обучения личности, к которым относят [1]:

1. Тестирование (с внедрением компетентностного подхода происходит переход от традиционного тестирования к тестированию разрабатываемому на основе теории педагогических измерений (психометрии, теории IRT, тестология).
2. Кейс метод (кейс-метод, кейс-стади, метод конкретных ситуаций, метод ситуационного анализа) – техника обучения, использующая описание реальных экономических, социальных и бизнес-ситуаций.
3. Портфолио – подборка сертифицированных достижений, наиболее значимых работ и отзывов на них. Основной идеей портфолио как формы и метода во-первых, оценки студента является смещение акцента с того, что он не знает и не умеет, на то, что уже сделал; во-вторых, перенос педагогических акцентов с авторитарной оценки на самооценку.

В рамках данной публикации рассмотрим требования построения тестовых заданий в парадигме компетентностного подхода в части определения их уровневой сложности. Компетентностный подход предполагает наличие эталонной модели результатов обучения личности в рамках текущей, промежуточной и итоговой аттестации. Приведенная в [2,3] оценка результатов в части знаний и умений может служить основой для проектирования квалификационных тестов и заданий систем аттестации и сертификации ИТ-специалистов. При этом заложенная в основу оценки таксономия Б.Блума определяет уровни сложности вопросов тестов, а также способы их формулирования и постановки (табл. 1).

Табл. 1. Требования к построению вопросов тестов

Оцениваемые уровни результатов обучения	Примерные образцы ключевых вопросов и заданий (начало формулировок)
Знание	Назовите... Что называется... Дайте определение... Перечислите... Выберите правильный ответ... Покажите... и т.п.
Понимание	Объясните взаимосвязь... Покажите на графике.. Установите причинно-следственные связи... Как вы понимаете... и т.п.
Применение	Выполните упражнение... Решите задачу... Проверьте правильность... Сделайте вывод... Докажите... и т.п.
Анализ и синтез	Сделайте обобщение... Дайте характеристику... Классифицируйте... Представьте графические связи... Выделите проблему... Разработайте модель... Сформулируйте рекомендации и т.п.
Оценка	Какое значение имеет... Выделите критерии... Опишите достоинства и недостатки... Оцените ... и т.п.

Рассмотрим разновидности тестовых заданий по уровням сложности.

Первый уровень (знание) – тесты по узнаванию, т.е. отождествлению объекта и его обозначения: задания на опознание, различение или классификацию объектов, явлений и понятий (см. пример 1).

Пример 1.

1. Какое определение полиморфизма является правильным в контексте ООП?
2. Полиморфизм характеризует сокрытие отдельных деталей внутреннего устройства классов от внешних по отношению к нему объектов или пользователей
3. Полиморфизм – свойство элементов модели с одинаковыми именами иметь различное поведение
4. Полиморфизм характеризует общий принцип, в соответствии с которым знание о более общей категории разрешается применять для более частной категории

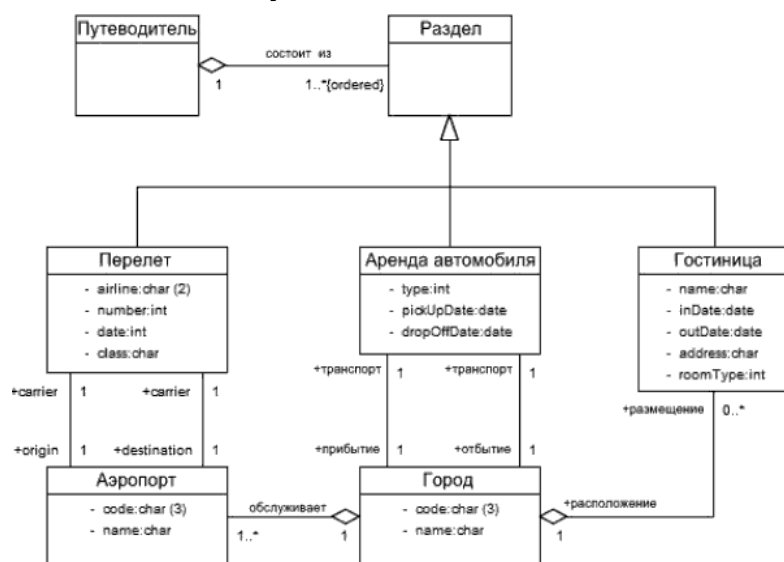


Рис.1. Диаграмма классов

Второй уровень (понимания) – тесты-подстановки, в которых намеренно пропущено слово, фраза, формула или другой какой-либо существенный элемент текста, и *конструктивные тесты*, в которых учащимся в отличие от теста-подстановки не содержится никакой помощи даже в виде намеков и требуется дать определение какому-либо понятию, указать случай действия какой-либо закономерности и т.д. Тесты данного уровня и более высоких могут иметь варианты ответов или быть открытыми, поэтому здесь и далее в примерах будем приводить лишь формулировки вопросов и заданий.

Пример 2.

Диаграмма последовательности действий отображает _____, упорядоченное по времени. На ней показаны _____, используемые в сценарии, и последовательность сообщений, которыми обмениваются

объекты, для выполнения сценария.

Пример 3. Определите тип отношений и кратность между классами Город» и «Гостиница» (рис.1).

Третий уровень (применения). В качестве тестов данного уровня могут использоваться *типовые задачи*, условия которых позволяют «с места» применять известную разрешающую их процедуру (правило, формулу, алгоритм) и получать необходимый ответ на поставленный в задаче вопрос.

Пример 4.

Имеются сведения о 100 предприятиях, содержащих название, вид деятельности, ИНН, количество сотрудников, объем реализации продукции (в руб.). Сформируйте обработку и вывод топ десяти предприятий по объему реализации.

Пример 5.

Оцените силу и направление взаимосвязи проникновения мобильной связи и широкополосного доступа в России (табл.2) на основе коэффициента линейной корреляции Пирсона.

Четвертому уровню (анализа и синтеза) соответствуют задания, содержащие продуктивную деятельность, в процессе которой необходимо использовать знания-умения. В основу тестов данного уровня могут быть положены нетиповые задачи на применение знаний в реальной практической деятельности. Условия задачи формулируются близкими к тем, которые имели место в реальной жизненной обстановке (см.пример 6¹¹, 7).

Табл.2. Проникновение мобильной связи и широкополосного доступа в России, в %

Регион	Проникновение мобильной связи, в %	Проникновение ШПД, в %
Москва	193,2	61,3
Санкт-Петербург	204,3	48,6
Центральный ФО (кроме Москвы)	147,1	24,5
Южный ФО	144,0	21,2
Приволжский ФО	149,4	34,1
Северо-Западный ФО	143,8	32,6
Уральский ФО	164,5	30,6
Сибирский ФО	147,9	26,0
Дальневосточный ФО	156,7	29,6

Источник: ACGM Consulting, Ростелеком, Росстат (2012)

Пример 6.

Перепишите код, устранив имеющиеся в нём проблемы, но не изменяя функцию main

```
class Foo {  
    public:
```

11 См.: http%3A%2F%2Fcompany.yandex.ru%2Fjob%2Fvacancies%2Fdev_browser.xml


```

Foo(int j) { i = new int[j]; }
~Foo() { delete i; }
private:
int* i;
};
class Bar: Foo {
public:
Bar(int j) { i = new char[j]; }
~Bar() { delete i; }
private:
char* i;
};
void main() {
Foo* f = new Foo(100);
Foo* b = new Bar(200);
*f = *b;
delete f;
delete b;
}

```

Пример 7.

Создайте краткий аналитический отчет по динамике изменения объемов мирового рынка ИТ-услуг (табл.3).

Табл. 3. Объем мирового рынка ИТ-услуг по сегментам (млн. \$)

Сегмент	2003	2004	2005	2006
Поддержка решений	129,782	135,493	139,169	143,795
Аппаратная поддержка	77,526	80,203	81,659	83,491
Поддержка ПО	52,256	55,290	57,510	60,304
Системная Интеграция	219,062	232,106	242,000	254,834
Консалтинг	43,078	45,039	46,750	49,084
Разработка и интеграция	175,984	187,067	195,250	205,750
Аутсорсинг	220,059	240,509	258,020	278,004
ИТ-менеджмент	135,096	146,908	156,735	167,835
Процесный менеджмент	84,963	93,601	101,285	110,169
Всего	568,904	608,108	639,189	676,633

Источник: Gartner Dataquest (июль, 2004)

Тесты пятого уровня – это проблемы, решение которых есть творческая деятельность, сопровождающаяся получением объективно новой информации. Тестами данного уровня выявляется умение ориентироваться и принимать решения в новых, проблемных ситуациях (см. пример 9-10¹²)

Пример 9.

Расскажите, какие направления исследований, имеющие отношение к Яндексу, будут особенно активно развиваться в ближайшее время.

12 См.: http%3A%2F%2Fcompany.yandex.ru%2Fjob%2Fvacancies%2Fres_dmir.xml

Назовите известные вам статьи по этим направлениям.

Пример 10

Для разработки ПО (компоненты для Яндекс Браузера, C++) необходимо выбрать подрядчика. У вас есть два потенциальных партнера:

- компания А: известный игрок на рынке с богатым портфолио и большим штатом специалистов, цены на услуги выше среднерыночных;*
- компания Б: менее известная компания с небольшим штатом специалистов, цены на услуги гораздо ниже.*

По каким критериям вы будете оценивать потенциальных партнеров?

Какие риски вы видите при работе с этими компаниями?

Перечислите ваши действия по выбору исполнителя.

Примеры 8-10 иллюстрируют тестовые задания компании Яндекс. Как видно – это тестовые задания не ниже четвертого уровня, следовательно, в рамках адаптивного к требованиям рынка труда управления качеством образования подсистема мониторинга образовательных достижений личности должна преимущественно основываться на заданиях четвертого и пятого уровней.

Указанная выше классификация тестовых заданий позволяет оценить результаты обучения, выраженные дескрипторами знаний и умений, но не «надпрофессиональных» компетенций (исключение составляют тесты шестого уровня). В этом контексте особый потенциал имеют тесты действия и ситуационные тесты, что является темой отдельной статьи.

*Публикация выполнена в рамках проекта, финансируемого РГНФ №12-06-00067
«Адаптивное управление качеством профессионального образования на основе компетентностного подхода (на примере сферы ИТ)».*

Литература

1. Богословский В.А., Караваева Е.В., Ковтун Е.Н., Мелехова О.П., Родионова С.Е., Тарлыков В.А., Шехонин А.А. Методические рекомендации по проектированию оценочных средств для реализации многоуровневых образовательных программ ВПО при компетентностном подходе. М.: Изд-во МГУ, 2007.
2. Курзаева Л.В. Адаптивное управление качеством профессионального образования на основе компетентностного подхода (на примере ИТ-отрасли): методологические основания, модели и базовый инструментальный установок требований к результатам обучения : монография / Л.В. Курзаева, И.Г. Овчинникова, Г.В. Слепухина. – Магнитогорск : МаГУ, 2013. – 138 с.
3. Курзаева Л.В. К вопросу об оценке результатов обучения в системе высшего профессионального образования вуза / Л.В.Курзаева //Современные проблемы науки и образования: материалы XI-IX внутривуз. науч. конф. преподавателей МаГУ. – Магнитогорск: МаГУ, 2011. -С. 287-288.
4. Курзаева Л.В. Диагностика уровня развития конкурентоспособности будущих ИТ-специалистов / Л.В. Курзаева //Разработка инновационных механизмов повышения конкурентоспособности выпускников ИТ-специальностей вуза в условиях монопромышленного города : сборник статей. – Магнитогорск, МаГУ, 2012. – с. 59 – 69.
5. Курзаева Л.В. Отраслевая рамка квалификаций: особенности построения в целях управления качеством профессиональной подготовки / Л.В. Курзаева, И.Г. Овчинникова // Новые информационные технологии в образовании: материалы междунар. Науч. – практ. конф., Екатеринбург, 12-15 марта 2013 г.//ФГАОУ ВПО «Рос. Гос. Проф.-пед. Ун-т». Екатеринбург, 2013. – с. 372-375.

Юдина Т.Н.¹, Богомолова А.В.², Дышкант Н.Ф.³, Петухова О.В.⁴

¹ Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ имени М.В. Ломоносова, ведущий научный сотрудник, руководитель проекта УИС РОССИЯ, yudina@srcc.msu.ru,

² Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент, anna.bogo@gmail.com

³ Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ имени М.В. Ломоносова, научный сотрудник

⁴ Центральный экономико-математический институт, ведущий научный сотрудник

Современное статистическое образование: опыт зарубежных стран. Инициативы в России

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Статистическое образование, образовательные стандарты, информационная инфраструктура.

АННОТАЦИЯ:

Важность статистического просвещения давно признана международным образовательным сообществом. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования также предусматривают акцент на знание студентами статистики и усиление навыков расчетно-экономической и аналитической деятельности. В статье рассматривается международный и российский опыт построения информационной инфраструктуры для обеспечения статистической грамотности общества.

Знание основ статистики и умение грамотно работать со статистическими данными во всём мире рассматривается как необходимая предпосылка компетентности нового поколения специалистов, способных обеспечить качественно иной уровень управления, основанный на системном анализе данных статистики, обоснованном прогнозе, исследовании и моделировании факторов риска при принятии управленческих решений. Именно поэтому статистическое образование рассматривается сегодня в мировой практике как основное направление статистического просвещения общества (подробнее см. в [1]). В 1994 году повышение статистической грамотности граждан было объявлено приоритетом ООН. Под эгидой ЮНЕСКО была создана международная ассоциация по статистическому образованию / International Association on Statistical Education, цель которой – координация деятельности стран-участниц по повышению уровня преподавания статистики на всех ступенях образовательной вертикали, начиная с начальной школы <http://iase-web.org/>. Среди основных направлений деятельности Ассоциации – издание журнала, проведение международных олимпиад по статистике для школьников и студентов, программы повышения квалификации для

преподавателей школ и университетов, ведение модуля «лучших практик преподавания». Ассоциация оказывает содействие в разработке новых образовательных стандартов для каждой ступени образовательной вертикали в части статистики и количественных методов анализа.

Новые международные образовательные стандарты предполагают обучение методам статистического анализа на всех учебных дисциплинах, где возможно использование статистики. Такой подход требует скоординированных усилий специалистов ИТ и соответствующих предметных областей. Первоочередная задача – формирование и поддержание специальной многофункциональной информационной инфраструктуры, в основе которой – качественные статистические ресурсы. Одновременно должна быть обновлена методика преподавания статистики и методов количественного анализа для направлений, в состав учебных программ по которым входит статистика, а также должна быть разработана методика преподавания статистики и методов количественного анализа для дисциплин, для которых статистика – новый тип источников, а количественный анализ – новый инструментарий исследования. Университетские научные сообщества развитых стран задачу формирования инфраструктуры решают сходными путями. Учитывая наукоемкость разработки и трудоемкость поддержания и развития ресурса, оптимальным решением признано целенаправленное и скоординированное формирование сети корпоративных ресурсов для коллективного доступа национальных университетов. Наиболее развита сеть корпоративных ресурсов в США. Формирование такой сети инициировал и финансирует Национальный научный фонд США (www.nsf.gov). Координирует деятельность по созданию распределенной сети Мичиганский межуниверситетский консорциум по социальным и политическим исследованиям (<http://www.icpsr.umich.edu>). Напомним, что Мичиганский межуниверситетский консорциум по социальным и политическим исследованиям был создан в 1962 году как корпоративный статистический ресурс, методологический центр и образовательная структура для университетов США. Впоследствии доступ к ресурсам архива по подписке был открыт для университетов зарубежных стран, и содержание коллекций расширяется за счет статистических массивов по другим странам. Консорциум является самым крупным архивом мира по гуманитарным наукам, центром разработки новых технологических решений, ориентированных на задачи исследований и учебные программы. Ресурсы Консорциума стали частью национальной информационной инфраструктуры США. Мичиганский Консорциум был и остается примером, за которым следуют университетские сообщества других стран, решая задачу формирования информационной, методологической и организационной структуры для инновационных учебных курсов по статистике.

Опыт США и других стран показал, что продвижение статистического

мышления в гуманитарных науках сталкивается с существенной проблемой освоения новой методики преподавателями, особенно преподавателями новых с точки зрения изучения статистики дисциплин. С начала 2000 годов в США было проведено несколько исследований, в ходе которых анализировалась ситуация с преподавательским корпусом, динамика изменений и проблемы. Одно из последних по времени - специальное исследование с участием 227 преподавателей вводного курса по статистике в бакалавриате из университетов США и 24 других стран (Канада, Великобритания, Австралия, Голландия). Выбирались преподаватели со стажем не менее 10 лет на факультетах психологии и медицинских факультетах. Исследование показало, что проблема остается, и требуются постоянные и долговременные усилия [2]. Для обсуждения подходов к организации преподавания в Калифорнийском университете с 2007 года издается журнал «Technological Innovations in Statistics Education / Технологические инновации в преподавании статистики» http://escholarship.org/uc/uclastat_cts_tise, в публикациях журнала анализируется весь спектр вопросов преподавания статистики, опыт разных стран. Выполняя функцию национального координатора, Мичиганский Консорциум инициировал создание портала Teaching With Data www.teachingwithdata.org. Портал ориентирован на помощь преподавателям университетов и студентам. Главная задача портала – предоставление тематических статистических подборок, методологических материалов и лучших практик – примеров и моделей системного и сравнительного анализа с использованием статистических массивов, ориентированных на конкретные учебные курсы с учетом требований национальных образовательных стандартов в части знаний и компетенций выпускников.

Интересен и поучителен опыт Великобритании [3]. В результате ряда обследований, проведенных с 2000 года по нескольким проектам уровень преподавания статистики на всех ступенях обучения и в университетах, причем и на гуманитарных факультетах, и на естественных был признан неудовлетворительным. В 2010 году Королевское статистическое общество предложило программу статистического просвещения страны, рассчитанную на 10 лет. Программа включает несколько направлений. Во-первых, создан специальный портал GETSTARTS <http://www.getstats.org.uk> как точка входа в национальную статистическую среду. Портал содержит разделы, ориентированные на граждан, органы управления, бизнес, исследователей, журналистов, учителей и школьников. Для каждой целевой аудитории разработан комплекс статистических ресурсов и методических материалов. В рамках проекта издается журнал «Significance/Значение» <http://www.significancemagazine.org/view/index.html>, на страницах журнала ведется дискуссия по проблемам статистического образования в стране, анализируется зарубежный опыт. Особое внимание уделяется программам статистического образования в университетах.

Признано, что первоочередной задачей является повышение квалификации преподавателей статистики и фактически заново должен быть сформирован корпус преподавателей статистики для гуманитарных дисциплин. По грантам Национального совета по экономическим и социальным наукам создается корпоративная сеть ресурсов и методологических материалов для гуманитарных дисциплин. Базой сети выбран Эдинбургский университет <http://aqmen.ac.uk/node/38>. Активно действуют в направлении продвижения статистического образования Финляндия, Австралия, Сингапур.

Новые ФГОС в РФ

Необходимость повышения уровня статистического образования признана и в России, что нашло отражение в ФГОС ВПО. Так, по направлению «Экономика», «Менеджмент», другим смежным дисциплинам в части профессиональной деятельности и бакалавров, и магистров ФГОС предусматривают расчетно-экономическую и аналитическую деятельность с использованием социально-экономической статистики. Для бакалавров стандарты предусматривают

а) расчетно-экономическую деятельность, включая: подготовку исходных данных для проведения расчетов экономических и социально-экономических показателей, характеризующих деятельность хозяйствующих субъектов; проведение расчетов экономических и социально-экономических показателей на основе типовых методик с учетом действующей нормативно-правовой базы; разработку экономических разделов планов предприятий различных форм собственности, организаций, ведомств и т. д.;

б) аналитическую, научно-исследовательскую деятельность, в том числе обязательные навыки квалифицированной работы со статистическими данными.

Программа бакалавриата вуза должна включать лабораторные практикумы и практические занятия по таким дисциплинам (модулям) базовой части ОПП как эконометрика и статистика.

Задачи профессиональной подготовки магистров включают аналитическую деятельность, в том числе: поиск, анализ и оценка информации для подготовки и принятия управленческих решений; анализ существующих форм организации управления; разработка и обоснование предложений по их совершенствованию; анализ и моделирование процессов управления.

Требования к результатам освоения образовательных программ содержат, среди прочих компетенций, способность использовать количественные методы исследования статистических данных для управления бизнес-процессами.

Новое содержание российских стандартов отражает общемировую тенденцию на целенаправленное повышение уровня статистической грамотности на всех ступенях учебной вертикали, начиная с младших

классов. Роль лидеров должны играть университеты.

Инициативы в МГУ имени М.В. Ломоносова

Как показывает зарубежный опыт, новый подход к преподаванию статистики предполагает формирование информационной инфраструктуры, основанной на качественных статистических ресурсах. ФГОС ВПО предусматривают, что реализация основных образовательных программ должна обеспечиваться доступом каждого обучающегося к современным профессиональным базам данных, информационным и поисковым системам (7.17 ФГОС (бакалавриат) и 7.18 ФГОС (магистратура))¹³.

Разработка комплекса ресурсов для поддержки инновационных учебных курсов по статистике уже несколько лет ведется в МГУ имени М.В.Ломоносова в рамках проекта «Университетская информационная система РОССИЯ» (УИС РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>) совместными усилиями Экономического факультета и Научно-исследовательского вычислительного центра. УИС РОССИЯ создана и целенаправленно развивается как тематическая электронная библиотека и база для исследований и учебных курсов в области экономики, управления социологии, лингвистики, философии, филологии, международных отношений и других гуманитарных наук. С 2000 года УИС РОССИЯ открыта для коллективного доступа университетов, вузов, специалистов России. Доступ предоставляется всем образовательным и научным учреждениям, государственным и негосударственным некоммерческим организациям и публичным библиотекам по обращению Руководителя и предварительной регистрации. С УИС РОССИЯ работают более 300 коллективных пользователей – университеты, институты, колледжи, академии, учреждения РАН, государственные ведомства, исследовательские центры, а также отдельные исследователи из всех регионов страны.

В составе УИС РОССИЯ создан и поддерживается комплекс баз данных «Регионы России», «Города», «Муниципалитеты» и «Оперативная статистика» на основе статистики Росстата и других государственных ведомств. Базы данных ориентированы на задачи учебного процесса и поддержку процесса обучения и овладения студентами профессиональными компетенциями, предусмотренными ФГОС ВПО по соответствующим направлениям. Показатели в базах данных сопровождаются методологическими пояснениями, включая формы федерального статистического наблюдения (первичные формы отчетности).

Для баз данных реализованы процедуры отбора, расчета, представления и анализа показателей с использованием основных (классических) методов, применяемых в практической статистике для характеристики совокупности данных в созданной пользователем таблице,

¹³ Заметим, что определение понятия «профессиональная база данных» в стандартах Министерства образования не дано.

в том числе: отбор по критерию; расчет элементов описательной статистики (среднего значения, суммы, стандартного отклонения, стандартной ошибки, дисперсии, минимума, максимума, размаха, эксцесса (вариации), асимметрии); построение вторичных переменных вариационных рядов; построение вторичных переменных рядов динамики; вычисление показателей корреляции; выявление сезонных колебаний и их устранение в рядах с ежемесячными или квартальными данными; построение индексов (расчет стоимостных показателей в ценах базисного года); построение прогнозов.

Все вычисляемые значения снабжены справкой (определение, алгоритм (формула) вычисления, области, особенности и примеры применения) (см. рис.1).

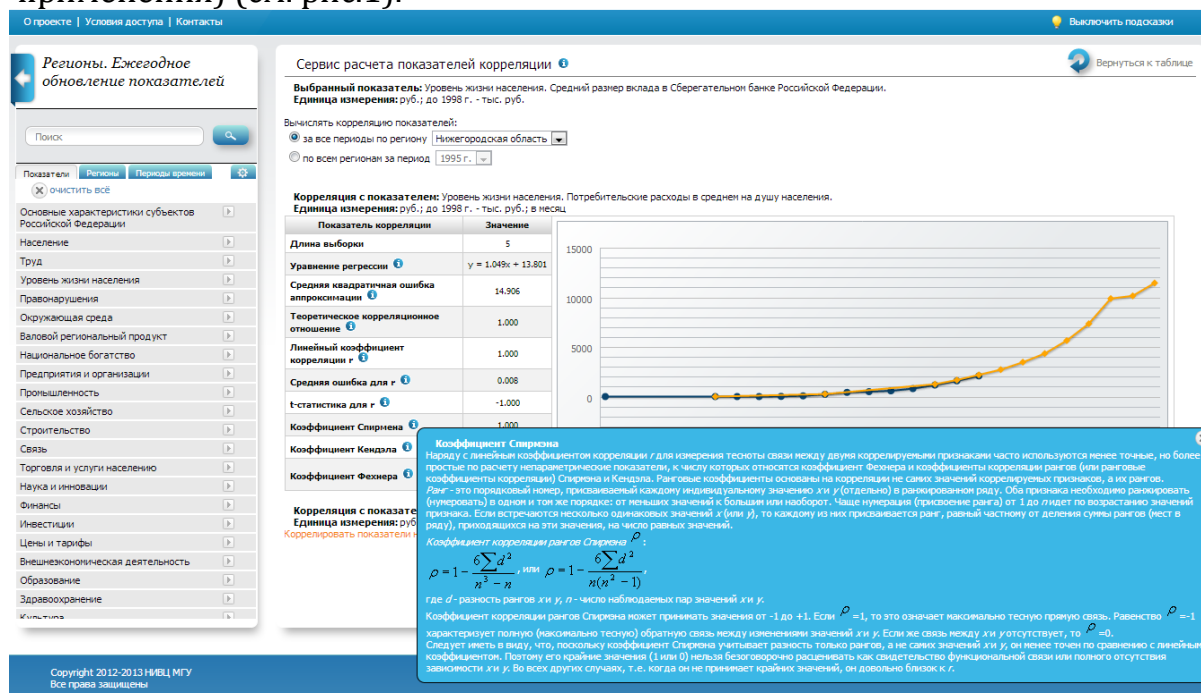


Рис.1. Сервис расчета показателей корреляции в базе «Регионы России. Ежегодное обновление показателей». Выбраны показатели из рубрики «Уровень жизни населения»: «Средний размер вклада в Сберсберегательном банке Российской Федерации» и «Потребительские расходы в среднем на душу населения», корреляции рассчитаны за все периоды по Нижегородской области. Справка по коэффициенту Спирмэна

Реализованы инструменты визуализации данных средствами деловой графики и картографии.

В рамках проекта реализуется процедура содержательной интеграции показателей в базах социально-экономических данных и тематических аналитических публикаций средствами онтологии. Для начальной стадии эксперимента выбрана предметная область «государственное управление» и разработана онтология. Тестирование показало удовлетворительный результат и определило направления доработки и онтологии, и процедуры поиска. Отдельное направление эксперимента также на ресурсах в составе УИС РОССИЯ – реализация

онтологии как средства поиска в базе данных «Дети России» и по тематическим публикациям, исследующим функции государства в этой области. Ведутся работы по включению в онтологию терминов, уточняющих функции государства в области поддержки детей.

Поддержка в преподавании статистики выполняется по нескольким направлениям. Как первый шаг, разработана база данных «Дети России», база включает показатели, характеризующие положение детей от 0 до 18 лет и семей с детьми в регионах. На основе базы разрабатываются примеры аналитической обработки показателей.

Одновременно разрабатывается обучающий комплекс - многоступенчатый учебный курс в виде комплекса последовательно усложняющихся модулей, начиная с введения в теорию вероятностей и статистику. Разделы учебного курса ориентированы на овладение профессиональными компетентностями и навыками использования потенциала государственной статистики для конкретной задачи управления территорией. Создан первый электронный урок с подробным методическим сопровождением сервисов анализа данных.

Интерактивный комплекс на основе реальной государственной статистики, детализированной до муниципалитетов, обеспечивает решение задач на основе социально-значимых данных. Такой подход определяет инновационный характер курса. Формируемая современная инфраструктура позволит дополнить изучаемые в вузах теоретические курсы теории вероятностей и социально-экономической статистики прикладными разделами. Модуль поддержки преподавателей поможет дополнить теоретические сведения занятиями, ориентированными на решение значимых экономико-математических примеров и задач по анализу реальных данных.

Работы в МГУ имени М.В. Ломоносова ведутся с 1997 года по грантам Российского гуманитарного научного фонда, текущие гранты №12-02-12021в «Дети России: информационная система для мониторинга и системного анализа положения детей в регионах страны» и 11-02-12012в «Информационная система для поиска данных и документов и интеграции знаний предметной области «государственное управление» средствами тематической онтологии».

Литература

1. Юдина Т.Н., А. В. Богомолова, Дышкант Н.Ф., Петухова О.В. Университетская информационная система РОССИЯ для современного статистического образования // Прикладная информатика. 2010. № 3(27). С. 44-53.
2. Faculty Attitude towards Technology-Assisted Instruction for Introductory Statistics in the Context of Educational Reform. Technology Innovations in Statistics Education (TISE) volume 7, issue, 2, 2013.
3. Getting Real Statistics into all Curriculum Subject Areas: Can Technology Make this a Reality? Электронный ресурс. Режим доступа http://iase-web.org/documents/papers/rt2012/IASE2012_Nicholson_Ridgway.pdf

**СЕКЦИЯ 2. E-LEARNING, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
ОБРАЗОВАНИИ**

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

¹Московский государственный технический университет радиотехники электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), д.ф.-м.н, проф., зав. каф. "Интеллектуальные технологии и системы", nechaev@mirea.ru

²МГТУ МИРЭА, к.т.н., проф. Кафедры ИТС, pvm36@yandex.ru

³МГТУ МИРЭА, асп. кафедры ИТС, komarov-aig@yandex.ru

Методические аспекты и технологии поддержки интерактивности в электронных системах обучения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Методика, электронные системы обучения, интерактивность, проектирование модулей, когнитивные схемы.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассмотрены методологические аспекты архитектурного проектирования модулей предметных областей для организации познавательного процесса обучения на основе технологий разделяемых единиц контента (ТРЕК). В качестве базиса для архитектурного проектирования модулей применяются когнитивные схемы лингвистического, рационального, эмпирического и топологического уровней описания и их комплексы (в архитектуре общей теории систем). Поддержка интерактивности рассматривается как организация процессов формирования знаний на основе индивидуализации и методологии управления учебной деятельностью обучаемого в условиях применения технологий программ единичных экспериментов (ТПЕЭ).

Введение

В Массачусетский технологический институт (МТИ) совместно с Гарвардским университетом в 2012 году запустили проект дистанционного обучения edX. По словам президента МТИ Рафаэля Райфа Л., данный инструмент обучения приведет к революции и вызовет самые глубокие технологические изменения в сфере образования более чем за 500 лет. Он призывает творчески использовать силу новых технологий, чтобы сделать образование более доступным и эффективным. Естественно согласиться с такой миссией проекта.[1, <http://web.mit.edu/facts/focus.html>]

Инициатива ведущих институтов была поддержана и со стороны общества. По данным сайта МТИ на первые курсы онлайн-обучения зафиксировано 155 тысяч регистраций, более чем 7 тысяч прошли жесткие требования онлайн-экзамена. [1]

На сегодняшний день задачу обеспечения доступности учебных материалов можно считать, во многом, решенной и широко используемой.

Для примера, только на сайт онлайн-курсов МТИ заходит более миллиона человек в месяц, а в целом за все время существования имеет место порядка 125 миллионов обращений. С целью повышения эффективности учебного процесса, требуется постоянное совершенствование учебных материалов и средств организации и контроля за ходом учебного процесса.

В настоящее время персонализированные данные о ходе образовательного процесса не используются в качестве косвенного фактора для прогнозирования эффективности и качества обучения. Следует отметить, однако, что общий вектор развития мирового образовательного сообщества направлен в сторону интеграции, накопления и обработки огромных массивов данных и знаний, направленных на персонализацию и оценку хода процесса обучения конкретного обучаемого.

Сформировалась система массовых открытых онлайн-курсов (дистанционных) бесплатного по доступу к учебному материалу обучения (Massive Open Online Courses, MOOC).

Миллионы пользователей и десятки миллионов заданий, выполняемых в режиме реального времени при заочно-очном обучении в условиях MOOC, требуют применения соответствующих новых массовых методических решений для обеспечения и поддержки эффективности и качества интерактивной сетевой организации учебного процесса

Цели и задачи. В этой связи рассмотрены задачи исследования и формирования необходимого математического и программного обеспечения, цели которых заключаются в закладке методологических основ проектирования систем электронного обучения (ЭО) с непрерывным мониторингом эффективности и качества организации текущей самостоятельной активной учебной деятельности обучаемого.

Оценки эффективности персонального процесса обучения формируются изначально путём организации **программно-управляемой самостоятельной** работы обучаемого при учёте текущих временных затрат, результатов наблюдений и данных прошлого опыта.

Заданными факторами-параметрами выступают объёмы составляющих контента. Затраты времени на работу с элементами контента определяют исследуемые функции и функционалы.

Такой подход позволяет, основываясь на методах анализа и обработки статистических данных, возможных оценках и ретроспективных данных анализа оценок обучаемого, прогнозировать базовую оценку, достигаемую обучаемым в пространстве состояний и переходов изучаемой предметной области.

Оценить достигаемый уровень компетентности можно по известной четырёхуровневой шкале: от стадии узнавания, через воспроизведение, к типовой деятельности, до творческой деятельности.

Архитектура образовательной системы LTSA

Общепринятой архитектурой образовательной системы является

Learning Technology Systems Architecture (LTSA), которая описывается в зарубежном стандарте P1484.1-2003 IEEE Standard for Learning Technology. На рис. 1 приведены проблемы, решение которых зависит от принятых технологий обработки материалов контента и протоколов обработки программ единичных экспериментов (ПЕЭ).

Топологической системой моделей архитектуры является схема полного графа на шести вершинах (K6), имеющего 15 рёбер (рис. 2).

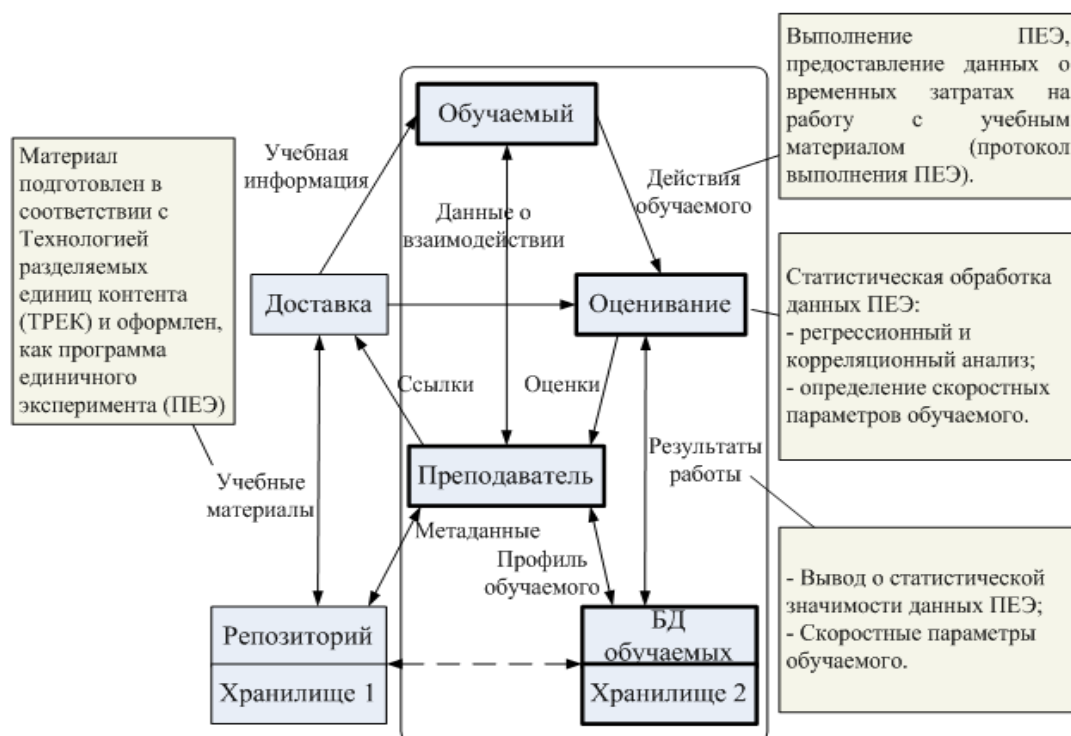


Рис.1. Архитектура образовательной системы. Задачи для ТРЕК и ПЕЭ

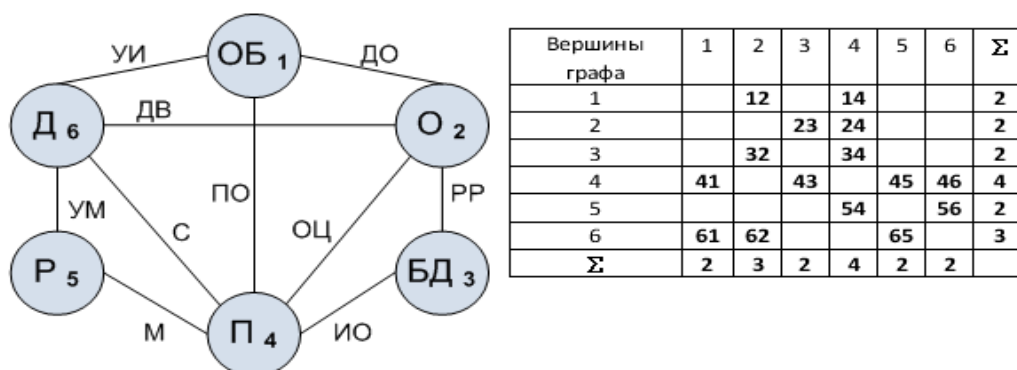


Рис.2. Схема орграфа, матрица смежности орграфа для архитектуры (см. рис.1)

Лингвистическая концепция представления граф схемы

Архитектура LTSA является в определённой степени парадигмальной (общепринятой) «меткой», характеризующей процессы, хранилища и прецеденты системы образования, построенной на информационных технологиях. Она встречается практически в явном виде и в виде ссылок на

неё во многих последующих изданиях [2, с.425], [3, с.173], [4, с.153], [5,с.28], [6,с.80].

Представим архитектуру LTSA на рис.3 в виде псевдоорграфа с шестью вершинами для формирования «алфавита» описания составляющих подграфов архитектуры.

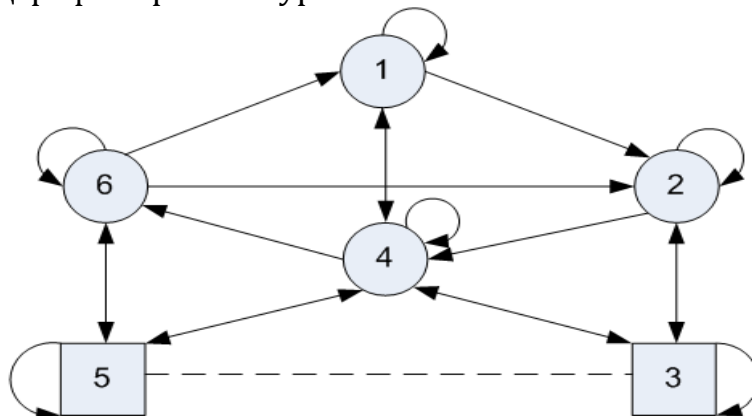


Рис.3. Схема архитектуры LTSA в виде псевдоорграфа с шестью вершинами

В табл.1 приведена матрица составляющих языка для матричного описания орграфа (см. рис.3) по вершинам и дугам. Имеем шесть образ-столбцов для вершин и 15 образ-столбцов для дуг. Комбинированием указанных элементарных образов просто и легко идентифицировать новые конструкты схем обучающих систем и их подсистем..

В общем случае архитектура описания лингвистических систем определяется последовательностью:

$$L \rightarrow E \rightarrow U \rightarrow A \rightarrow O,$$

где L – доступное для выбора множество языковых средств;
E – выбранный автором естественный язык описания объекта;
U – ограниченный естественный язык описания объекта;
A - строго формализованный язык описания модели объекта;
O - язык интерпретации объекта наблюдений. [7]

Таблица 1. Матрица составляющих орграфа, как размеченного дугами подграфа полного графа на шести вершинах

№ об. графа	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	1						2	2					2						2					
2		1					2		2	2											2			
3			1					2		2	2		2											
4				1			2		2		2	2	2	2	2	2	2							
5					1									2		2	2					2		
6						1										2		2	2	2	2			
12	2	2					1																	
14	2			2				1																
23		2	2						1															

№ об. графа	1	2	3	4	5	6	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6
24		2		2						1											
32		2	2								1										
34			2	2								1									
41	2			2									1								
43			2	2										1							
45				2	2										1						
46				2		2										1					
54				2	2												1				
56					2	2												1			
61	2					2													1		
62		2				2														1	
65					2	2															1

Для первых двух столбцов табл. №1, описывающих отношения вершин 1 и 2 орграфа, на рис. 4 приведены соответствующие разметке графические образы.

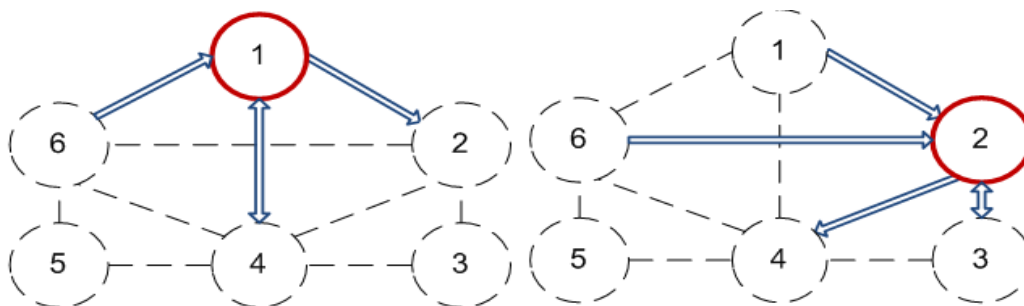


Рис. 4. Связи, определяемые для вершин графа «Обучаемый» (1) и «Оценивание» (2)

Функциональные подсистемы систем электронного обучения

Приведём в табл. 2 матрицу порождаемых покрытий (где 1- основной объект, 2 – вторичный объект) для конструкторов следующих 12-ти типовых функциональных подсистем, выделяемых в стандарте Р1484.1 (табл. 3).

Таблица 2. Образы покрытий для 12-ти типов функциональных подсистем

Объекты графа	Образы (функциональные подсистемы Р1484.1)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1	1				2	1		1	1
2	1	1	1	1	1	1	1		1	2	2
3	2	2		2	2	2	1	2	2		2
4	1	1	2	1	1	1		1	1	1	1
5	2	1			2	2	1	2	2	1	1
6	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2
12	1	1	1	2					2	2	2
14	1	2	1		2	2		2	2	1	1
23		2		2	2	2	2		2		2

Объекты графа	Образы (функциональные подсистемы Р1484.1)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	1	1	2	1	1	1	2		1	2	2
32		2		2	2	2	2		2		2
34		2		2	2	1	2	2	1		2
41	1	2	1		2	2		2	2	1	1
43				2	2	1	2		1		2
45	1	1			1	1	2		1	1	1
46	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2
54		1			1	1	1	2	1	1	1
56	1						1		2		
61	2	2	1	1	2		2	1		2	2
62	1	1	1	1		2			1	2	1
65	2	2			2	2	2	2	1		

Таблица 3. Типы функциональных подсистем стандарта Р1484.1

1.Наставничество, Инструктирование
2.Электронные системы поддержки процесса обучения
3.Интерактивная среда
4.Моделирование
5.Взаимодействие средств обучения
6.Упорядочивание, Потребности до и после
7.Фокусирование на учебную программу
8.Системы управления контентом
9.Системы управления обучением
10.Экспериментирование. Открытие
11.Интеллектуальные средства обучения
12.Дистанционное и распределенное обучение

Технология программ единичных экспериментов (ТПЕЭ)

Под единичным экспериментом в обучении представляется учебно-познавательный процесс самостоятельной деятельности, организованный на основе технологии разделяемых единиц контента (ТРЕК) по заданной учебной программе испытаний.

Схема общей постановки учебного процесса на основе ТПЕЭ приведена на рис.5. В определённой степени она предопределяет круг вытекающих из данных наблюдений вопросов и доступных для исследования классов задач идентификации параметров обучаемого, задач двойственной кластеризации и распознавания образов групп обучаемых и соответствующих им баз учебных материалов, заложенных в ТРЕК.

Эксперимент в данном случае всегда связан с измерением времени и анализом получаемых данных в зависимости от среды и форм представления информации.

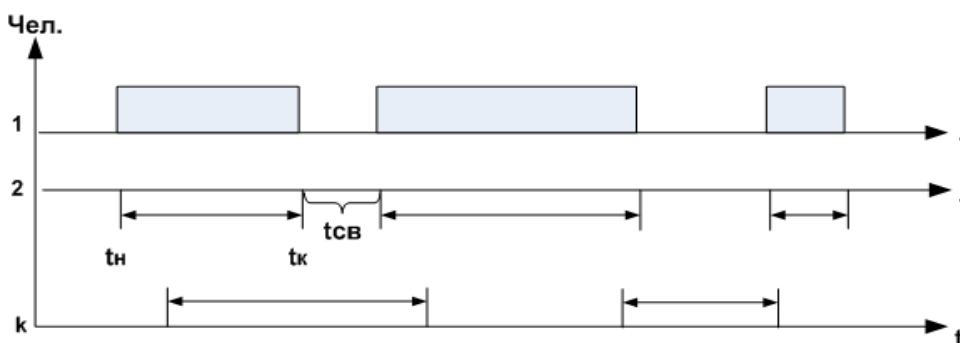


Рис.5. Схема протекания учебного процесса в модульно-кадровом пространстве электронных форм обучения

Пусть **D** – комплексная форма представления семантической информации **SI**. В общем случае это может быть книга, отдельные главы, параграфы, фрагменты и порции учебного материала; **CD** – однородные формы представления **SI**. Были выделены следующие однородные формы **SI** [15]:

$$N_1 = (T; S; G; C),$$

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

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

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

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

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

Каждому кадру модуля по методике ТПЕЭ определяются формы учебного задания, например, из следующего ряда:

- изучить (прочитать (действие **Д1**), выделить ключевые понятия, законспектировать (переписать) (**Д2**), набрать текст на с помощью клавиатуры **Д3**);

- составить конспект (указание У1): заголовки и нумерацию порций перепечатывать в качестве заголовков электронного конспекта и использовать данные при определении скорости набора текста;
- конспектировать рисунки и таблицы в тетрадь и-или копировать в личную папку студента (ЛПС) (У2)...

На рис.6 приведен пример применения совместно технологий ТРЕК и ТПЕЭ для решения задач определения удельных неизбежных затрат обучаемого по трём типовым видам деятельности: Д1, Д2, Д3.

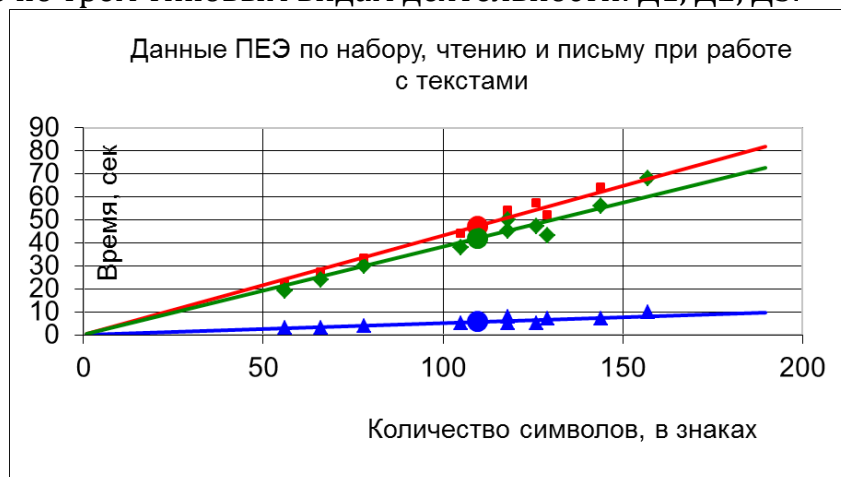


Рис. 6. Результаты обработки данных ПЕЭ по одному из обучаемых

На рис 6 принята следующая система обозначений: треугольники-для операции «чтение» Д1; квадраты - для операции «письмо» Д2; ромбы-для «набор» текста) Д3.

В случае рис.6 неизбежные затраты времени можно представить в виде средних скоростей деятельности обучаемого. Обработка данных испытаний проводилась по методу наименьших квадратов. Модуль был составлен из 10 кадров. По каждому кадру проведено три испытания, связанные с чтением, переписыванием и набором текста. Содержательно текст представлял собой выборку из десяти компетенций. В итоге имеем кортежи (набор, чтение, письмо) и соответственно скорости (2,61; 19,25; 2,32) знаков в секунду. Данные эксперимента по одной из групп обучаемых приведены в табл.4. Наблюдается существенная разница удельных показателей обучаемых.

Таблица 4. Данные наблюдений по учебной группе

Вариант	ФИО	V(Д2)(б/с)	V(Д1) (б/с)
1К-07/09	ФИО1	1,54	8,16
2К-07/09	ФИО2	2,23	17,44
3К-07/09	ФИО3	2,00	23,77
4К-07/09		1,35	8,12
5К-07/09		2,15	8,12
6К-07/09		1,93	11,60
7К-07/09		1,37	13,81

8К-07/09		1,41	9,96
9К-07/09		1,45	11,45
10К-07/09		1,32	8,13
11К-07/09		2,04	18,04
12К-07/09		2,04	18,04
13К-07/09		2,52	19,23
14К-07/09	ФИО14	2,15	16,80

Можно отметить, что применение технологий ТРЕК совместно с ТПЕЭ является основой создания эффективных средств для анализа и управления учебной деятельностью в системах электронного обучения.

Сбор и обработка затрат времени на овладение модульно-кадровым потоком информации с учётом ретроспективных, текущих и экспертных данных содержит ценную информацию для организации процессов косвенной оценки и контроля для управления реальным учебным процессом.

Заключение

Становление и распространение системы МООС - Массовых Открытых Онлайновых (дистанционных) курсов (Massive Open Online Courses) обучения с открытым бесплатным электронным доступом через Интернет ставит перед исследователями и организаторами учебных процессов ряд новых проблем методологического характера.

В основе всех проблем лежит массовость контингента обучаемых; необходимость обеспечения самостоятельности, своевременности и выполнимости планируемого учебно-познавательного процесса; требуется высокая степень самоконтроля и самооценки освоенных знаний.

Преподаватель, в принципе, не может проконсультировать и проверить число заданий, количество которых превышает несколько тысяч. Определяющая роль в этом случае отводится формированию умений использования открытых ресурсов сети Интернет.

Стохастический и возможностный характер проблемных ситуаций требует ретроспективного, текущего и экспертного оценивания деятельности обучаемого в пространстве состояний и переходов изучаемой предметной области. Требуется постоянный сбор и анализ данных хода учебного процесса, что, по мнению авторов, должно обеспечиваться взаимной дополняемостью и интеграцией технологий ТРЕК и ТПЕЭ (указанное требование реализуется через ведение протоколов испытаний).

Литература

1. Официальный сайт MIT Open Course Ware <http://ocw.mit.edu/index.htm>
2. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», 2003. – 616 с.
3. Норенков И.П., Зимин А.М. Информационные технологии в образовании. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 352 с.
4. Креативная педагогика: методология, теория практика / Под. ред. Круглова Ю.Г. – М.: МГОПУ им. М.А. Шолохова, изд. центр «Альфа», 2002. – 240 с.

5. Софиев А.Э., Черткова Е.А. Компьютерные обучающие системы. Монография: - М.: Изд. ДеЛи, 2006. - 296 с.
6. Ибрагимов И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения: Учеб. пособие. -М.: Издательский центр «Академия», 2005.-336 с.
7. Кузин Л.Т. Основы кибернетики : В 2-х т.; т. 2 . Основы кибернетических моделей. Учебное пособие для вузов. - М. :Энергия, 1979,1991 .-584с.
8. Панченко В.М. Компьютерные технологии системы обучения. Технология разделяемых единиц контента в системе программ единичных экспериментов: Учебное пособие / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский институт радиотехники и автоматики (технический университет)». - М. 2009. - 156 с.
9. Панченко В.М., Комаров А.И. Сбор и оценивание деятельности обучаемых по данным программ единичных экспериментов // 57 НТК МИРЭА. Сб. тр. Ч.5./ МИРЭА - М., 2008. – с. 63-67.
10. Нечаев В.В., Панченко В.М., Комаров А.И. «Межпредметный системообразующий базис организации процесса подготовки специалистов по научным направлениям» Научно-практический журнал «Открытое образование», 2012 г. №5
11. Нечаев В. В., Панченко В.М., Комаров А.И. Методическое обеспечение ИТ-образования в вузе: от технологии подготовки учебных материалов к организации индивидуальной учебной деятельности обучаемого. Современные информационные технологии и ИТ-образование [Текст] / Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. - М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – 1050с. – ISBN 978-5-9556-0140-3. с. 215-223
12. Официальный сайт автоматизированной обучающей системы БиГОР <http://bigor.bmstu.ru/>
13. Кухтенко А.И. Систем общая теория / Энциклопедия кибернетики. Том 2. – Киев: Главная редакция УСЭ, 1974. - 335-339с.
14. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. - М.: Радио и Связь, 1990. - 540с.
15. Перспективы развития вычислительной техники: В 11 кн.: Справ. Пособие/ Под ред. Ю.М. Смирнова.
16. Книга 1 Информационные семантические системы/ Н.М. Соломатин.-М.: Высш. Шк. 1989.- 127 с.

Сухомлин В. А.

МГУ им. Ломоносова, профессор, доктор технических наук, заведующий лабораторией
открытых информационных технологий факультета ВМиК

Подготовка разработчиков корпоративных Java-приложений в режиме дистанционного обучения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Образование, Java, IT.

АННОТАЦИЯ:

В статье дается краткое описание комплексной программы дополнительного образования (переквалификации), ориентированной на подготовку разработчиков корпоративных Java-приложений, а также процесса ее реализации. Программа реализуется факультетом ВМК МГУ в режиме дистанционного обучения. Успешное окончание данной программы позволяет получить ее слушателям дополнительную квалификацию разработчика компьютерных технологий к диплому о высшем образовании. Квалификация подтверждается дипломом МГУ о дополнительной квалификации к базовому образованию. Программа представляет наибольший интерес для тех, кто получив высшее образование по невостребованной на рынке труда профессии (например, инженеры, технологи, бакалавры по направлениям естествознания, педагоги и пр.), желал бы переквалифицироваться в ИТ-профессионала, спрос на которых продолжает расти.

Введение

Предлагаемый проект представляет собой одно из воплощений развиваемой на факультете ВМК МГУ концепции Виртуального ИТ-университета [1] в виде системы дистанционной подготовки/переподготовки ИТ-кадров высокой квалификации на основе удлиненных программ дополнительного образования. Такая система, имеющая предварительное название "ИТ-Мастер" (ИТ-М), ориентирована на предоставление услуг в сфере дополнительного образования с акцентом на реализацию комплексных учебных программ магистерского уровня, позволяющих получить выпускникам соответствующую подготовку и диплом о дополнительной квалификации к высшему образованию. Все программы в системе ИТ-М реализуются в режиме дистанционного обучения. Они разработаны с учетом требований международных стандартов курикулов [2,3], многолетнего опыта реализации программ на дополнительную квалификацию "Разработчик компьютерных технологий", а также с учетом текущих запросов отечественного бизнеса.

Учебные программы в системе ИТ-М характеризуются также гибкостью в диверсификации. В первую очередь они предназначены для тех, кто, получив непрофильное высшее образование, желал бы переквалифицироваться в ИТ-профессионала. Ниже описаны некоторые аспекты основных компонент образовательной услуги ИТ-М: типовой образовательной программы, образовательного контента, процесса реализации образовательной услуги, процесса аттестации.

Содержание и принципы построения образовательной программы

Образовательные программы ИТ-М включают следующие основные части:

- вводные дисциплины (ядро);
- базовые дисциплины;
- курсы профилизации и практико-ориентированная подготовка.

Первые две части являются обязательными для всех образовательных программ ИТ-М. Содержание блока вводных дисциплин разработано таким образом, что включает порядка 70% объема знаний ядра (core), определенного в стандарте куррикулума [3] для бакалавров компьютерных наук. Вторая часть включает пять семестровых курсов магистерского уровня. Третья часть является вариабельной, и разрабатывается в зависимости от целей профильной подготовки. В качестве примера типовой программы ИТ-М в Таб.1 представлено описание программы, ориентированной на подготовку программистов по профилю «Разработка корпоративных приложений», разработанной автором совместно с Сетевой академией Ланит.

Как отмечалось, учебные программы ИТ-М реализуются в режиме дистанционного обучения. В качестве системы электронного обучения используется система Moodle. Важнейшим компонентом такой формы обучения является образовательный контент, который формируется из электронных учебных курсов, реализуемых в виде учебно-методических комплексов (УМК). На данном этапе проекта принята в качестве базовой структура УМК, включающая следующие основные компоненты:

- программа курса
- учебник или учебное пособие по курсу в электронном виде
- электронный учебник в формате системы электронного обучения (Moodle), включая тестовый материал и средства контроля знаний и умений для данного учебного курса
- видео-лекции учебного курса.

Таблица 1.

Вводные дисциплины (ядро)	Базовые дисциплины	Курсы профилизации и практико-ориентированная подготовка
Технологии e-Learning	Анализ информационных	Построение приложений-клиентов с использованием JDBC 4.0

Основы языков програм-я	технологий Компьютерная безопасность	База данных Oracle 11g: Основы SQL База данных Oracle11g: Основы PL/SQL и разработка модулей
Операционные системы	Основы параллельного программирования	Разработка сервлетов / JSP-страниц Разработка компонентов EJB 3
Компьютерные сети	Разработка веб-приложений на языке Java	Мобильное программирование на Java для платформы Android
Технологии баз данных	Разработка распределенных приложений баз данных	Технология SPRING
Основы программирования		Шаблоны проектирования под Java ВКР – выпускная квалификационная работа

Процесс реализации образовательной услуги

На обучение принимаются слушатели, имеющие диплом о высшем образовании соответствующего профиля (например, инженерного, естественнонаучного, педагогического), или студенты старших курсов соответствующих направлений и специальностей. Набор осуществляется по результатам очного собеседования или видео сеанса по скайпу. С отобранными для обучения слушателями заключается договор об оказании им платной образовательной услуги по реализации соответствующей образовательной программы в режиме дистанционного обучения. Планируемая стоимость обучения 30 000 рублей за один семестр (полная стоимость программы за четыре семестра – 120 000 рублей). После оплаты стоимости первого семестра учебная часть дополнительного образования готовит приказ на зачисление слушателя с последующим оформлением ему студенческого билета и зачётной книжки. Далее выдаётся логин и пароль для доступа к электронному контенту программы.

Обучение ведется на основании утвержденных учебных планов.

Учебные мероприятия проводятся в форме:

- занятий в режиме on-line (сетевое обучение);
- самостоятельной работы;
- контрольных мероприятий (текущий контроль усвоения материала);
- аудиторных занятий (в период очных экзаменационных сессий);
- процесса аттестации.

Процесс аттестации

Процесс аттестации включает две формы проведения:

- итоговый контроль работы за семестр (экзаменационная сессия);

- итоговая аттестация.

Итоговый контроль работы за семестр осуществляется в конце каждого семестра в форме экзаменационной сессии и предполагает традиционную (очную) форму – экзамен или зачет (продолжительность такой сессии до 14 дней) или специальным образом организованные сеансы оперативной связи между экзаменуемыми и экзаменаторами.

Во время сессии предоставляются консультации перед сдачей экзаменов и зачетов, а также, возможно, проведение мастер-классов и практических занятий для закрепления у слушателей практических навыков, если такие занятия предусмотрены учебным планом. В случае необходимости иногородним слушателям на время сессии предоставляется общежитие по отдельному контракту с соответствующей процедурой поселения (оплата проживания за счет слушателей).

Итоговая аттестация проводится в конце обучения аналогично экзаменационной сессии и реализуется в традиционной (очной) форме:

- государственный экзамен;

- защита выпускной квалификационной работы (ВКР).

Примеры программ

Программа “Разработка корпоративных приложений в стандарте Java 2 Enterprise Edition” включает в себя следующие разделы:

1 семестр: “Основы программирования на языке Java” – 48 часов

Курс 5JPF “Основы программирования на языке Java”

Курс 1JDBC “Построение приложений-клиентов баз данных с использованием JDBC 4.0”

Тест Oracle 1Z0-851 “Java Standard Edition 6 Programmer Certified Professional Exam”

2 семестр: “База данных Oracle 11g: Основы SQL и PL/SQL” – 80 часов

Курс 011g-SQL “База данных Oracle 11g: Основы SQL”;

Курс 11g-PL/SQL+DPU “База данных Oracle11g: Основы PL/SQL и разработка программных модулей” ;

Тест Oracle 1Z0-147 “Сертифицированный разработчик Oracle”

3 семестр: “Разработка корпоративных приложений в стандарте Java 2 Enterprise Edition” – 64 часа

Курс 3JSP “Разработка сервлетов / JSP-страниц”;

Курс 4EJB “Разработка компонентов EJB 3”

Тест 1Z0-858 “Java Enterprise Edition 5 Web Component Developer Certified Professional Exam”

4 семестр: “Дополнительные возможности технологии Java. Мобильное программирование на Java для платформы Android” – 64 часа

Курс DROID 3 “Мобильное программирование на Java для платформы Android”

Курс 3SPRING “Технология SPRING”

Курс DPATT2 “Шаблоны проектирования под Java”

После обучения слушатели смогут:

- Создавать полноценные GUI-приложения на языке Java.
 - Разрабатывать клиентские java-приложения, обращающиеся к серверам баз данных с использованием двухзвенной и трехзвенной технологии клиент/сервер.
 - Создавать запросы к базам данных на языке SQL (стандарт ANSI 2003).
 - Создавать хранимые процедуры для СУБД Oracle 11 g.
 - Разрабатывать клиентскую часть веб-приложений с использованием HTML, Java Script и CSS.
 - Разрабатывать серверную часть веб-приложений с использованием технологий сервлетов и страниц JSP.
 - Разрабатывать компоненты бизнес-логики корпоративных приложений по технологии EJB3.
 - Разрабатывать корпоративные порталы.
 - Разрабатывать мобильные приложения для платформы Android.
- Например, изучение Spring включает следующие темы:
- Введение в Spring.
 - Свойства компонентов.
 - Контейнер Spring и API Spring.
 - Доступ к данным в Spring.
 - Управление транзакциями.
 - Интеграция Spring и Java EE.
 - Безопасность приложений Spring.
 - Использование Spring Web Flow 2.
 - Расширенные возможности Spring Web Flow 2.
- После изучения курса слушатели смогут:
- Описать общие принципы Spring, инъекции зависимостей/инверсии управления.
 - Использовать возможности модуля Core для управления событиями жизненного цикла, областью действия компонентов и использования Spring API.
 - Использовать возможности Spring Data Integration совместно с JDBC и другими технологиями, такими как Hibernate и JPA.
 - Понимать и использовать новые мощные возможности аспектно-ориентированного программирования (АОП) в Spring для решения сквозных проблем в нескольких точках в приложении.
 - Использовать поддержку транзакций в Spring с помощью аннотаций и XML-настройки.
 - Интегрировать Spring и Java EE веб-приложения
 - Понимать основы Spring Security и создавать защиту веб-приложений и их управляемых компонентов Spring.
 - Использовать Spring Web Flow 2 для определения механизмов работы

- сложных пользовательских интерфейсов в веб-приложениях.
- Использовать объекты доступа к данным (DAO) и модули объектно-реляционного отображения (ORM) уровня персистентности, использующего JDBC.

Заключение

Данный проект нацелен на создание эффективной системы дистанционной подготовки/переподготовки высококвалифицированных кадров для ИТ-отрасли на основе комплексных программ дополнительного образования магистерского уровня, позволяющих получить выпускникам соответствующую подготовку и диплом/сертификат МГУ имени М.В.Ломоносова о дополнительной квалификации к высшему образованию. Такая форма обучения может представлять интерес для многочисленной армии выпускников вузов по невостребованным в экономике профессиям и желающих переквалифицироваться в ИТ-профессионалов, спрос на которых не ослабевает. Также, опыт реализации описанных выше образовательных программ позволит отработать учебно-методическое обеспечение для реализации других видов образовательных услуг, включая базовые образовательные процессы, такие как подготовка бакалавров и магистров на основе широкого использования технологий e-learning.

Литература

1. В.А. Сухомлин. Виртуальный национальный университет ИТ-образования: от концепций к реализации. Прикладная информатика. №3(15), 2008, с. 89-115.
2. Computing Curricula 2005 (CC2005). Association for Computing Machinery and Computer Society of IEEE.
3. Computer Science 2008 (CS2008). Association for Computing Machinery and Computer Society of IEEE.

Баженова И.Ю.

МГУ им. М.В.Ломоносова, birina748@rambler.ru>

Разработка интегрированной системы контроля знаний для дистанционного обучения языкам программирования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Дистанционное обучение, система контроля знаний, Moodle, образовательный контент, e-learning, LCMS.

АННОТАЦИЯ:

Система обучения специалистов языкам программирования при дистанционной форме образования предъявляет повышенные требования к комплексной дистанционной системе контроля знаний. В данной статье рассматривается подход к созданию интегрированной системы контроля знаний для дистанционного обучения языкам программирования в системе Moodle.

Дистанционная система подготовки специалистов предъявляет повышенные требования к созданию полноценной системы тестирования знаний по изучаемым предметам.

В основе любого дистанционного обучения лежат технологии предоставления изучаемого контента и технологии контроля полученных знаний. Одной из наиболее популярных систем организации учебного процесса для дистанционного обучения является система Moodle. В рамках этой системы для курсов, ориентированных на дистанционное обучение, учебный контент целесообразно представлять в двух формах:

- в формате видео-лекций;
- в виде презентаций и гипертекстовых web-страниц, или в виде лекций.

Формирование курса в виде лекций позволяет задать строгую последовательность изучаемого материала и определить пошаговый контроль за усвоением пройденного.

Другой подход, предполагающий как последовательное, так и произвольное изучение учебного контента по темам, может быть основан на построении интегрированной системы контроля знаний, включающей:

- систему тестирования;
- систему контроля за выполнением заданий, формируемых в виде:
 - составления программы;
 - представления реферата;
- проведение опросов;

- итоговый контроль в виде экзамена или дистанционный контроль в on-line режиме.

При формировании системы тестирования можно использовать следующую функциональность, предоставляемую Moodle:

- ограничение по датам тестирования – на каждый тест может быть установлено временное ограничение выполнения теста, включающее дату начала и дату окончания выполнения отдельного теста;
- ограничение по времени тестирования – ограничение времени выполнения теста (количество дней, часов, минут, секунд) (рис 1.);
- учет попыток выполнения тестов только в заданный период тестирования, или с предоставлением льготного периода;

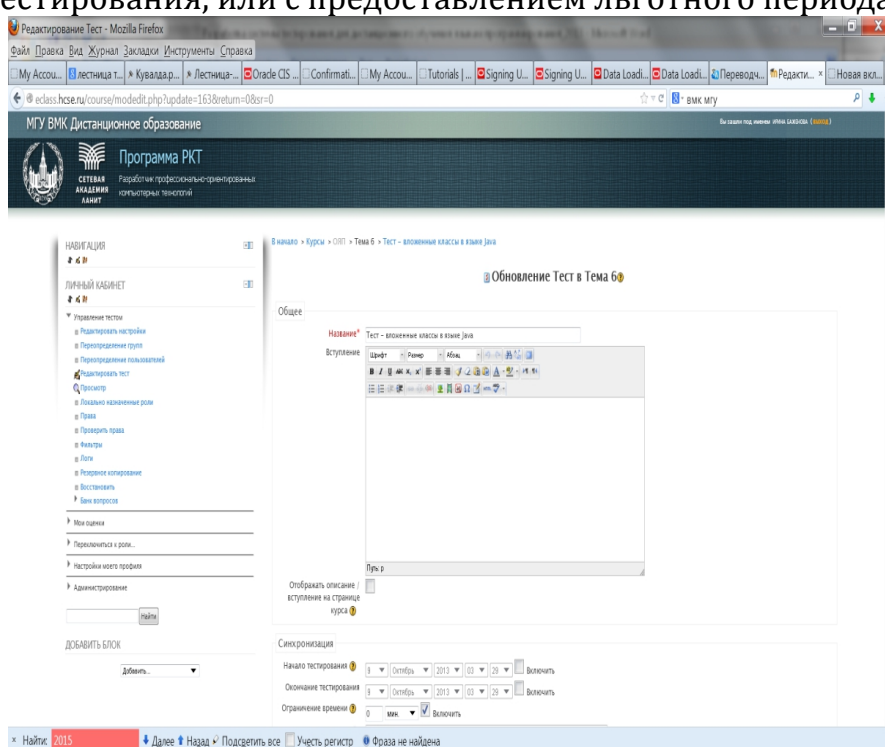


Рис. 1. Формирование временного ограничения выполнения теста

- указание количества разрешенных попыток для прохождения теста;
- определение метода оценивания (высшая оценка, средняя оценка, первая попытка, последняя попытка);
- выбор порядка отображения вопросов (как на экране редактирования или произвольный);
- определение метода навигации, определяющего последовательный или произвольный просмотр студентом страниц с вопросами теста;
- выбор порядка отображения ответов (случайный или фиксированный) для каждой следующей попытки прохождения теста;

- определение режима проведения теста:
 - отложенный отзыв, когда студент узнает о правильности своих ответов только в конце выполнения всего теста;
 - интерактивный с несколькими попытками – когда студент имеет возможность сразу повторить неудачную попытку прохождения теста;
 - адаптивный режим;
 - адаптивный режим без штрафных баллов;
 - немедленный отзыв, когда студент сразу видит результат прохождения теста
- задание числовых оценок за каждый вопрос и определение общей оценки попытки прохождения теста;
- отображение отзывов для каждого конкретного вопроса;
- отображение общего отзыва на вопрос, позволяющего прокомментировать правильный выбор и обосновать неверные варианты ответов;
- автоматическая генерация резюме для правильного ответа;
- задание принудительной задержки между первой, второй и последующими попытками прохождения теста.

Разработка системы тестирования должна включать в себя несколько этапов:

- первоначальное определение вопросов тестов;
- анализ успешного прохождения тестов;
- модификация вопросов тестов, получивших с первой попытки 100-процентное прохождение.

Результатом анализа выполнения тестов может быть повышенное акцентирование в тексте лекций на вопросах, получивших наименьшее прохождение тестов с первой попытки, а также добавление более подробных отзывов для вопросов теста.

Наиболее важным обучающим элементом системы тестирования является наличие отзыва-комментария на каждый неверный ответ теста.

В системе Moodle тест состоит из одного или нескольких вопросов. Успешный ответ на каждый вопрос теста оценивается некоторым баллом. Успешный ответ на все вопросы теста оцениваются максимальным баллом, определенным для данного теста. При формировании системы тестирования для каждой темы может быть предусмотрено более одного теста с несколькими вопросами в каждом.

На рисунке 2 приведен список вопросов, которые можно добавлять в тесты для курса "Основы языков программирования", разработанного для дистанционной формы обучения.

Выполнение тестов может отвечать различным целям:

- проведению промежуточного или итогового контроля знаний;
- оценки уровня освоения материала студентами;

- самоконтроля обучающихся.

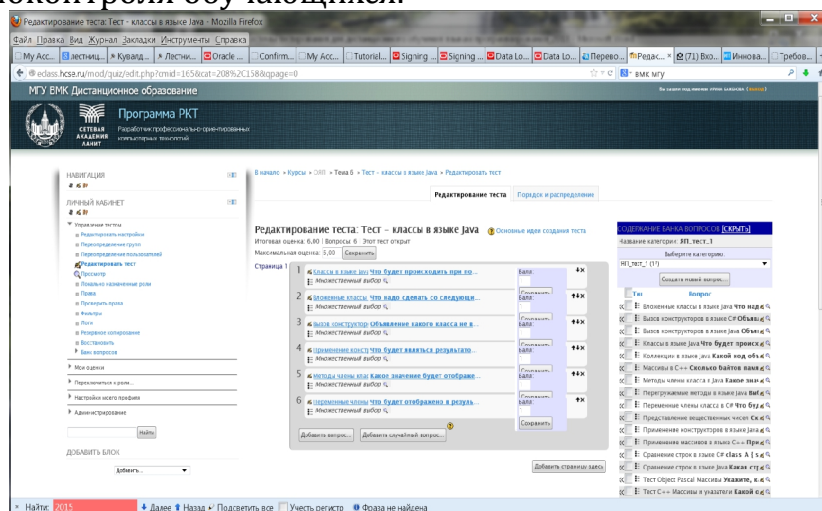


Рис. 2. Формирование вопросов теста

При формировании тестов для итогового контроля важным аспектом является определение временного ограничения для ответа студента. А при направленности тестов на самоконтроль требуется наличие отзыва-комментария для каждого вопроса, кратко объясняющего как правильный, так и неправильный выбор.

Вопрос теста может быть задан в одной из следующих форм:

- вопрос с ответом верно/неверно;
- вопрос с вложенным ответом;
- вопрос с вычисляемым ответом;
- краткий ответ, состоящий из одного или нескольких слов, сравниваемых с различными образцами ответов;
- вопрос с множественным выбором, позволяющий указывать один или несколько правильных ответов из предлагаемого списка;
- вопрос с множественный вычисляемым выбором;
- вопрос на соответствие, в котором для каждого вопроса ответ выбирается из соответствующего списка;
- простой вычисляемый вопрос, использующий случайный выбор чисел из заранее predetermined набора;
- вопрос со случайным ответом на соответствие, использующий вопросы типа короткий ответ, выбираемые случайным образом;
- вопрос с числовым ответом;
- вопрос с ответов в виде эссе, который оценивается преподавателем вручную.

Для лучшего понимания преподавателем проблем студентов при освоении материалом в дистанционной форме можно использовать такой элемент курса, как "Анкета".

Также, для общения со студентами могут быть использованы такие стандартные элементы курса, как "Семинар" и "Чат".

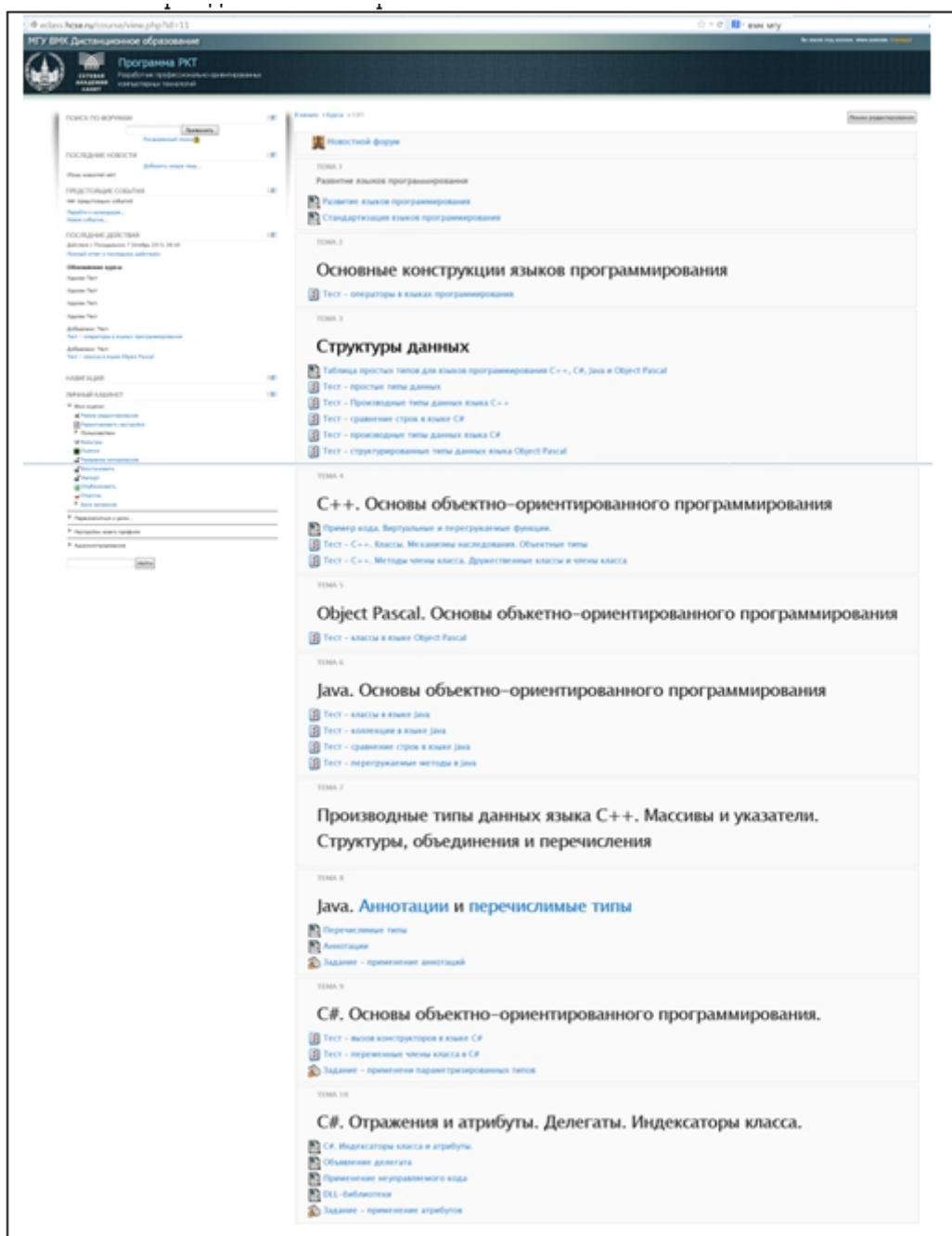


Рис. 3. Тесты и задания курса "Основы языков программирования" для дистанционной формы обучения

Дополнительно система Moodle позволяет расширять свою функциональность подключением широкого спектра плагинов. Так, для более удобного общения с обучающимися можно использовать следующие плагины:

- плагин Web class, позволяющий проводить видеоконференции с использованием презентации PowerPoint, а также с поддержкой функции вопросов и ответов;
- плагин Checklist, позволяющий реализовывать самоконтроль,

обратную связь с преподавателем и оценку успешности освоения пройденного материала.

Для дистанционного обучения специалистов по информационным технологиям языкам программирования следует применять интегральную парадигму построения системы контроля знаний.

Так автором для дистанционного обучения языкам программирования в рамках курса "Основы языков программирования"

была разработана следующая система контроля знаний:

- набор тестов по каждой теме, направленный на самоконтроль освоения изучаемого материала;

- набор тестов, ориентированный на проведение промежуточного контроля знаний (рис. 3);

- набор заданий в виде написания программ, направленный на получение практических навыков и позволяющий оценить уровень освоения пройденного материала.

Создаваемые вопросы теста для курса "Основы языков программирования" могут быть ориентированы:

- на знание конструкций языков программирования;
- на оценивание кода программы и нахождение ошибок;
- на понимание основ объектно-ориентированного программирования.

При составлении тестов представляется целесообразным для самоконтроля приводить тестовые задания, применяемые для сертификации по конкретным языкам программирования.

Практические навыки, получаемые при изучении курса "Основы языков программирования" достигаются путем:

- выполнения примеров, приводимых в презентациях в видео-лекциях;
- выполнения контрольных заданий по темам курса.

Необходимой составляющей освоения языков программирования при дистанционной форме обучения является наличие практических заданий. Одним из технологических решений, направленным на формирования у обучающегося необходимых компетенций, является создание дистанционных практикумов по изучаемым языкам программирования и по изучаемым технологиям. Так для более глубокого освоения теоретического материала курса "Основы языков программирования" в программу включен дистанционный практикум, представляющий собой набор учебных материалов по курсу "Основы технологии .NET и программирование на языке C#".

Предлагаемый автором подход к интегрированной системе контроля знаний при дистанционном обучении студентов языкам программирования разрабатывается и последовательно реализуется в Московском государственном университете на факультете Вычислительной математики и кибернетики.

Литература:

1. И.Ю.Баженова. Языки программирования. /под редакцией В.А.Сухомлина. М.: Из-во "Академия", 2012.
2. И.Ю.Баженова, В.А. Сухомлин. Введение в программирование. Учебное пособие. М.: Из-во «Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний», 2006.
3. И.Ю.Баженова Интегральный подход к дистанционному обучению в области информационных технологий. Вестник МГЛУ. Вып 6(619), с. 19-25, 2011.
4. И.Ю.Баженова. С++ и Visual Studio .Net. М.: Из-во «Кудиц-ОБРАЗ».
5. И.Ю.Баженова. Delphi 7. Программирование на языке Object Pascal. М.: Из-во " Кудиц-ОБРАЗ".
6. И.Ю.Баженова. Интегральная парадигма дистанционного обучения языкам программирования. // Сб. трудов V Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". М.: ООО "ИНТУИТ.ру", 2010.
7. Zivana Komlenov, Zoran Budimac, Mirjana Ivanovic. Introducing Adaptivity to eLessons on Object-oriented Programming. BCI '09: Proceedings of the 2009 Fourth Balkan Conference in Informatics. IEEE Computer Society. September 2009.
8. Daniela Dureva, Georgi Tuparov. Learning Styles Testing in Moodle. International Conference on Computer Systems and Technologies CompSysTech' 08.

Кадан А.М.

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь,
заведующий кафедрой системного программирования и компьютерной безопасности,
kadan@mf.grsu.by

***Компьютерный контроль знаний при изучении
математических дисциплин студентами-
программистами***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Контроль знаний, студент-программист, математика, информационные технологии, тестирование.

АННОТАЦИЯ:

Представлены требования к Internet-системе тестового контроля знаний, используемой при изучении естественно-научных дисциплин студентами, специализирующимися в области программирования и прикладной математики. Описана архитектура системы и приведены краткие характеристики основных ее компонент. К особенностям предлагаемой системы тестового контроля знаний относятся использование интерпретируемого языка программирования и отсутствие требования точного соответствия ответа испытуемого эталонному ответу.

Введение

Признано, что при подготовке специалистов в области информационных технологий, программирования, прикладной математики количество и качество задач, самостоятельно решённых студентом, определяют уровень качества усвоенного материала.

Также важно, чтобы изучение теоретического материала сопровождалось демонстрацией приемов применения изучаемых положений для решения практических задач, из, по возможности, различных предметных областей, с обязательным и постоянным контролем полноты и качества предлагаемых решений.

В частности, опыт работы со студентами прикладных ИТ-специальностей, в квалификации которых присутствует сочетание «инженер-программист», показывает, что усвоение материала и интерес студентов к учебной дисциплине естественно-научного содержания существенно повышаются, если преподавание материала ведется через использование элементов программирования: от решения отдельных примеров и задач, до написания небольших библиотек подпрограмм и исследовательских проектов, связанных с отдельными темами изучаемого

материала.

С другой стороны, одной из основных проблем, с которой сталкивается преподаватель, является проблема недостатка времени на всестороннюю проверку сделанных программных решений. Как следствие этого, количество выполненных заданий становится прямо пропорционально количеству часов, отведённых на тему, и обратно пропорционально количеству студентов в лабораторной подгруппе, а вопросам всестороннего тестирования решений уделяется незначительное внимание. Процесс разработки, в большинстве случаев, завершается исправлением синтаксических ошибок, а проверка работоспособности программ на различных тестовых данных рассматривается как «необязательный компонент». Такой негативный «опыт», полученный на начальных этапах обучения, имеет отрицательные последствия в дальнейшем, когда цена ошибки переходит в область реальных категорий.

Выход из такой ситуации видится в использовании средств автоматизированной проверки решений. Речь не идет о стандартных средствах контроля знаний, которыми располагают современные системы дистанционного обучения [1]. Они закрывают лишь область традиционных тестовых заданий, не позволяющих эффективно контролировать знания в специальных областях, каких как естественные науки и информатика.

Системы автоматизированного тестового контроля

Интерес представляют программные средства и системы, обеспечивающие автоматизированное тестирование учебных программ с использованием заранее подготовленной базы тестовых данных. Задача разработки и эффективного использования таких систем не нова, но актуальна до настоящего времени.

В настоящее время существует ряд программных систем аналогичного назначения. В большинстве случаев подобные системы обладают схожей функциональностью, но практически у каждой из них можно выделить свои особенные характеристики. Такие системы активно применяются при подготовке к ACM-соревнованиям и непосредственно при их проведении (<http://acm.uva.es>, <http://acm.timus.ru>, <http://dl.gsu.by>), для поддержки технологий дистанционного обучения (<http://dl.gsu.by>), а так же при организации соревнований по программированию различного уровня (<http://test-the-best.by> и <http://topcoder.com>).

Активно используется учебными заведениями система Contester [2]. Также надо отметить более чем восьмилетний опыт использования системы e-Contest [3] на факультете математики и информатики Гродненского государственного университета им.Янки Купалы, а также интерактивный интернет-сервис для компьютерного тестирования знаний в области математики [4]. К отличительным особенностям последнего можно отнести замену анализа ответа пользователя генерацией задачи проверки возможности эквивалентного преобразования ответа испытуемого к эталону ответу и использование пакета символьной

математики Maple или MathCAD для решения сгенерированных задач.

Некоторые проблемы тестового контроля знаний

Для решения проблемы компьютерного контроля знаний предложен целый ряд методик и создано большое количество программных систем, ориентированных как на локальный компьютер, так и на использование в среде Internet/intranet. Подавляющее большинство систем компьютерного контроля знаний предлагает набор тестовых заданий, в которых испытуемый должен выбрать один или несколько правильных ответов из предложенного списка. Во многих случаях этого достаточно чтобы оценить уровень теоретической подготовки испытуемого, однако подобные решения явно не эффективны для оценки уровня знаний в областях, где необходим ответ в свободной форме или для записи ответа необходимо использовать элементы языков специализированных нотаций, например в математике или физике.

При попытке реализовать систему компьютерного тестирования, ориентированную на использование специализированных нотаций предметной области, возникает ряд проблем, к примеру:

- Обеспечение пользователю возможности ввода ответа с использованием системы обозначений, традиционно принятой в данной области знаний;
- Предварительная обработка введенного ответа клиентским приложением тестирующей системы с целью контроля правильности синтаксиса введенных выражений;
- Сравнение ответа пользователя с эталонным ответом. Введенный испытуемым ответ считается правильным не только при точном совпадении с эталоном, но и в случае, если он может быть сведен к эталонному ответу путем эквивалентных преобразований в рамках системы аксиом, соответствующих предметной области решаемой задачи.

Рабочей группой автора были реализованы решения для тестирования знаний в области математических дисциплин [4] и при обучении основам разработки программ [3]. Характерной их особенностью является то, что решение испытуемого отправляется некой серверной компоненте, которая производит проверку этого решения и формирует заключение о его правильности на основе системы заранее сформированных тестовых примеров. В этом случае серверная компонента берет на себя всю работу по проверке решения, должна учитывать наличие очереди запросов к ней, обрабатывать синтаксически неверные решения, и решения, которые содержат ошибки на этапе выполнения, бесконечные циклы и прочие ошибки разработчика. Все это усложняет ее реализацию, так как требует учета многих факторов и наличие средств организации и оптимизации многопользовательского доступа.

Поэтому представляется рациональным перенести часть функций

тестирующей системы на сторону клиента. В то же время, это не должно вызывать значительных неудобств, связанных с инсталляцией дополнительного программного обеспечения. Наличие на компьютере клиента среды программирования, в которой готовятся решения, рассматривается как необходимое условие.

Надо отметить, что включение в учебные программы вузов с начальных курсов изучения современных сред программирования приводит к тому, что студенты владеют (к сожалению, не все на должном уровне) только одним языком программирования, в основном это C / C# или Java, что приветствуется в области разработки профессиональных приложений, но является излишним и обременительным при решении учебных примеров, не связанных с областью профессионального программирования. К тому же данные языки программирования страдают значительной избыточностью кода, не относящегося непосредственно к реализации необходимых алгоритмов и вычислений.

С этой позиции актуален вопрос владения «вторым» языком программирования, предназначенным для выполнения несложных расчетов и повседневной «автоматизации» различного вида работ. В качестве такого языка в настоящее время многими используется язык Python, весьма популярный в академической среде многих университетов.

Пример области применения

Как отмечалось выше, для организации всестороннего тестирования большого числа учебных примеров целесообразно использование систем автоматизированной проверки ответов на основе использования набора контрольных тестов. Ситуация, когда изучение дисциплин предполагает контроль знаний учащихся не только в усвоении теоретического материала (который может быть реализован выбором правильных вариантов ответов), но требует анализа приведенного ответа, является типичной при изучении математических дисциплин, где важен как сам ответ, так и правильность цепочки рассуждений, позволяющих его получить. Причем представление сделанных испытуемым рассуждений заранее не регламентировано.

Так, к примеру, решение, с использованием языка Python, типовой задачи нахождения энтропии из курса «Теория информации» представленной в следующем виде:

```
# Вычислить энтропию дискретной случайной величины,  
# представленной вектором вероятностей ее значений.  
# Результат – в бит/симв  
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}  
H = ...
```

может быть дано несколькими принципиально различными способами, использующими различные вычислительные аспекты языка Python.

Вариант правильного ответа 1

```
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}
```

```
H = 1.75
```

Вариант правильного ответа 2

```
from math import log
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}
H = -(1/2*log(1/2,2)+ 1/4*log(1/4,2)+ 2*1/8*log(1/8,2))
```

Вариант правильного ответа 3

```
from math import log
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}
def entro(a):
    s = 0
    for x in a:
        s -= a[x]*log(a[x],2)
    return s
H = entro(P)
```

Вариант правильного ответа 4

```
from math import log
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}
def entro(a):
    return sum(-a[x]*log(a[x],2) for x in a)
H = entro(P)
```

Вариант правильного ответа 5

```
from math import log
P = {'x0':1/2, 'x1':1/4, 'x2':1/8, 'x3':1/8}
H = sum(-P[x]*log(P[x],2) for x in P)
```

Все приведенные ответы являются допустимыми и правильными, в то же время контролировать структуру каждого возможного ответа собственными средствами не представляется целесообразным и возможным.

Особенности архитектуры системы

Отметим основные аспекты, которые должны быть учтены при реализации архитектуры предлагаемой Internet-системы тестового контроля знаний. Схема взаимодействия компонент системы представлена на рисунке 1. Среди основных компонент – рабочее место пользователя, сервер тестирования и сетевая образовательная платформа с сервером баз данных.

1. Основное ее назначение – использование при изучении естественно-научных дисциплин студентами, специализирующимися в области программирования и прикладной математики.
2. К особенностям предлагаемой системы относятся: использование интерпретируемого языка программирования и отсутствие требования точного соответствия ответа испытуемого эталонному ответу.
3. Система реализуется как клиент-серверное приложение.
4. Взаимодействие пользователя с системой должно осуществляться

посредством защищенных сетевых протоколов. Использование дополнительного программного обеспечения, кроме интерпретируемого языка программирования и/или его интегрированной среды разработки, не предусматривается.



Рис. 1. Схема взаимодействия компонент системы

5. Используемый интерпретируемый язык программирования должен обладать минимальной избыточностью кода. Удачным примером такого языка является Python, имеющий широкое распространение в академических кругах многих университетов.
6. Пользователю предоставляется возможность авторизованного взаимодействия с web-ресурсом, на котором размещаются инструкции, тестовые задания и данные о результатах работы с системой тестового контроля.
7. Тестовое задание представляет собой шаблон (файл с исходным кодом), который содержит фрагменты кода, которые должны быть преобразованы в ответы согласно требованиям, изложенным в инструкции.
8. Ответы испытуемых оформляются в файле исходного кода в виде фрагментов кода на используемом языке программирования.
9. Перед отправкой результата работы на проверку, испытуемый должен иметь возможность самостоятельно проверить синтаксическую правильность введенного ответа и отсутствие ошибок времени выполнения разработанных процедур.
10. Серверная компонента включает библиотеку эталонных решений, которые представляют собой предопределенные значения переменных, ограничения на представление кода программных решений, результаты выполнения функций на заранее подготовленных тестовых данных.
11. Вместо сравнения ответа испытуемого с эталоном, которое, в общем случае, заключается в исследовании возможности эквивалентного преобразования ответа к эталону и относится к кругу задач символьных преобразований, проверяется совпадение результатов выполнения эталонных решений и решений, предложенных

испытуемым.

12. Для связи клиентского приложения с серверной компонентой необходим специальный интерфейсный модуль и соглашения на формат передаваемой информации.

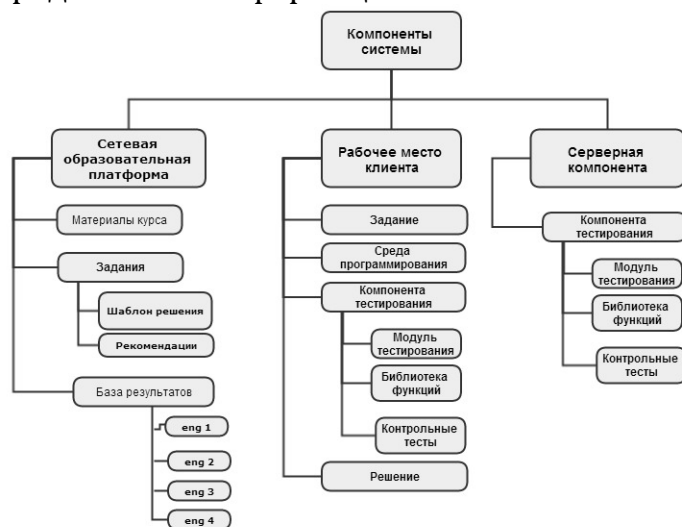


Рис.2. Структура основных компонент системы

Схема работы испытуемого

Задание, которое получает испытуемый, обращаясь к ресурсу сетевой образовательной платформы, включает файлы следующих типов:

1. Инструкцию по выполнению работы, содержащую теоретический материал и задания для испытуемого
2. Файл задания, содержащий исходный код, разработку которого необходимо завершить
3. Файл с интерфейсным модулем для отправки решений на сервер
4. Необязательные файлы с кодом необходимых библиотек.

Работа испытуемого заключается в завершении программного кода в файле задания. Контролируются значения переменных и результат работы функций.

Перед отправкой заданий контролируемые значения извлекаются из файла решений и преобразуются в структуру специального формата. При этом значения переменных просто вычисляются, а результаты значений функций вычисляются на множестве тестовых данных, которые извлекаются интерфейсным модулем. Дополнительно может быть проверено наличие в решении обращения к специальным функциям, использование определенных языковых конструкций.

Сформированная и переданная серверу структура сравнивается с аналогичной структурой, построенной таким же образом, но с использованием данных эталонного решения.

Эквивалентность таких структур позволяет сделать заключение об успешности выполнения задания испытуемым.

Заключение

К настоящему времени спроектирован прототип представленной системы, реализованы его основные компоненты. Прототип функционирует в рамках корпоративной образовательной среды кафедры системного программирования и компьютерной безопасности Гродненского госуниверситета и используется автором при чтении дисциплины «Теория информации» студентам специальности «Программное обеспечение информационных технологий». Изучаются вопросы безопасности его использования и устойчивости к атакам.

Литература

1. Moodle. Система управления обучением [Электронный ресурс] – <https://moodle.org/> – Дата доступа: 15.09.2013.
2. Contester. Система для проведения турниров и индивидуального решения задач по олимпиадному программированию [Электронный ресурс] – <http://www.contester.ru/> – Дата доступа: 15.09.2013.
3. Кадан, А.М. Использование системы автоматизированного тестирования учебных программ для обучения программированию / А.М. Кадан, С.В. Курило // Современные информационные компьютерные технологии: сб. науч. ст. В 2 ч. Ч. 1 / ГрГУ им. Я.Купалы; редкол.: Е.А.Ровба, А.М.Кадан (отв.редактор) [и др.]. – Гродно, ГрГУ, 2008. – С.232-235.
4. Kadan, A. Interactive Internet-service for Computer Testing in Mathematics / A. Kadan, D. Maskevich // Pattern Recognition and Information Processing: Proceedings of The Seventh International Conference (21-23 May, Minsk, Republic of Belarus). In two volumes. Vol. 1. – Minsk: United Institute of Informatics Problem of National Academy of Sciences of Belarus, 2003. – P.178-181

Добровольская Н.Ю., Харченко А.В.

Кубанский государственный университет, dnu10@mail.ru

Генератор компьютерных систем адаптивного тестирования по информатике

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Адаптивное тестирование, компьютерные системы тестирования, стратегии тестирования.

АННОТАЦИЯ:

Предлагается блочная структура генератора компьютерных систем тестирования по информатике. Используется стратегия адаптивного тестирования при подборе очередного тестового задания. Генератор позволяет разрабатывать собственные системы адаптивного тестирования.

В современных условиях контроль учебной деятельности студентов представляет собой основной компонент педагогического управления, фактор результативности образовательного процесса. Эффективная организация педагогического контроля предполагает его оптимизацию за счет разработки и применения новых методик адаптивного тестирования. Под адаптивным тестовым контролем понимают компьютеризованную систему научно обоснованной проверки и оценки результатов обучения, обладающую высокой эффективностью за счет оптимизации процедур генерации, предъявления и оценки результатов выполнения адаптивных тестов [2]. Эффективность контрольно-оценочных процедур повышается при использовании многошаговой стратегии отбора и предъявления заданий, основанной на алгоритмах с полной контекстной зависимостью, в которых очередной шаг совершается только после оценки результатов выполнения предыдущего шага.

Однако в большинстве своем, имеющиеся системы тестирования характеризуется тем, что объем информации, доносимой до обучаемого, методика и средства контроля жестко встроены в программу, и, чаще всего, определяются знаниями и методическими представлениями разработчика. Поэтому в настоящее время актуальной является проблема разработки эффективных инструментальных средств, позволяющих преподавателю раскрывать собственный взгляд на процесс обучения, реализовывать его индивидуализацию [1]. Одним из таких инструментальных средств является генератор компьютерных систем адаптивного тестирования, который разрабатывается на кафедре информационных технологий Кубанского государственного университета.

Генератор включает две подсистемы: подсистему контента теста и подсистему среды разработки теста.

Подсистема контента теста предоставляет возможность создания, хранения и модификации учебных материалов в базе данных, позволяет формировать и хранить структуру теста.

Подсистема среды разработки теста включает механизм визуализации тестового учебного материала, инструментарий реализации адаптивного ядра системы тестирования, обеспечивает интерфейс с пользователем, в частности организует обратную связь.

Организация контроля знаний обучаемого – одна из составляющих управленческой деятельности преподавателя. Это инструмент осуществления «обратной связи» в системе «обучающий – обучаемый», который позволяет получить оперативную информацию о ходе обучения, качестве усвоения знаний [2]. Контроль знаний является средством обеспечения заданного уровня усвоения учебного материала, обеспечения адаптации материала к возможностям учащегося. Информационные технологии позволяют осуществлять контроль в форме компьютерного тестирования. В связи с этим, к компьютерным системам тестирования, которые являются продуктом генератора, предъявляется ряд требований. Это обеспечение полной и качественной проверки знаний большого количества обучаемых без особых временных затрат и материальных средств по всем разделам учебного процесса; исключение субъективного подхода к оценке знаний обучаемых; освобождение преподавателей от трудоемкой работы по обработке результатов тестирования; уменьшение вероятности возникновения ошибок при подсчете результатов тестирования и вывода итоговой оценки; оперативное получение требуемой статистической информации из базы данных по результатам проведенного тестирования.

Анализ результатов тестирования позволяет строить дальнейшую работу преподавателя, ориентируясь на каждого конкретного студента и курс в целом, учитывая особенности восприятия материала. Полученная статистическая информация позволяет проводить социологические и психологические исследования, образовательные эксперименты, которые важны при разработке новых курсов лекций, а также для курсов повышенной сложности.

Генератор компьютерных систем адаптивного тестирования включает следующие блоки: блок формирования тестового материала, блок определения стратегии тестирования, блок формирования оценки, блок генерации адаптивного теста.

Блок формирования тестового материала позволяет преподавателю с помощью встроенного текстового и графического редакторов разрабатывать тестовые задания и варианты ответов к ним.

Аванесов В.С. в своих работах выделяет четыре тестовые формы, считая что, остальные представляют собой либо варианты одной из них, либо нежелательное смешение двух или более форм [3]. Блок формирования тестового материала использует следующие тестовые

формы, разработанные Аванесовым В.С.:

1. Задания с выбором одного или нескольких правильных ответов.
2. Задания открытой формы, в котором испытуемый должен вписать ответ в отведенное для этого место.
3. Задания на установление соответствия элементов одного множества элементам другого множества.
4. Задания, требующие установить правильную последовательность действий – вычислений, терминов, шагов и т.д.

Преподаватель может самостоятельно разработать тестовое задание или загрузить готовый файл. Все задания с указанием вариантов ответов, в том числе и верного, помещаются в базу данных.

Блок определения стратегии тестирования позволяет разработать стратегию адаптивного тестирования в конкретной системе. Многошаговые стратегии адаптивного тестирования можно подразделить на фиксировано-ветвящиеся и варьирующие ветвящиеся в зависимости от того, как конструируются многошаговые адаптивные тесты [2]. Сопоставление различных видов адаптивного тестирования приводит к выбору компьютерного адаптивного тестирования, основанного на многошаговых варьирующих стратегиях, в качестве основного подхода. Варьирующая ветвящаяся стратегия адаптивного тестирования предполагает отбор заданий непосредственно из базы данных по определенным алгоритмам, которые прогнозируют оптимальную трудность последующего задания по результатам выполнения испытуемым предыдущего задания адаптивного теста. Таким образом, шаг за шагом из отдельных заданий получается адаптивный тест. В нем варьирует не только трудность, но и шаг, определяемый разностью трудностей двух соседних заданий адаптивного теста. Наиболее важное преимущество варьирующих стратегий связано с возможностью оперативного реагирования на результаты выполнения учебных заданий путем переоценки уровня подготовленности обучаемого после выполнения каждого очередного задания адаптивного теста.

Для реализации функции адаптивности в разрабатываемой системе тестирования, каждому заданию присваивается уровень сложности. Блок определения стратегии тестирования позволяет преподавателю с помощью встроенного редактора разработать граф заданий.

Тестирование обычно начинается с заданий средней сложности, но можно начинать и с легких заданий, т.е. идти по принципу повышения сложности. Далее на каждом этапе теста преподаватель указывает алгоритм перехода к следующему этапу. Например, если в тесте определено три уровня сложности заданий, то необходимо для каждого значения текущего уровня сложности указать возможные диапазоны полученной оценки на предыдущем этапе. Для среднего уровня сложности со значением оценки от 0-30% необходимо понижение уровня сложности на следующем этапе, от 31-70% сохранение текущего уровня, от 71-100% повышение

уровня сложности. Количество этапов тестирования и число заданий на каждом этапе указывается преподавателем.

Блок формирования оценки позволяет преподавателю задать алгоритм оценивания выполненных заданий. Алгоритм включает функцию оценивания, которая, например, может учитывать отношение числа правильных ответов к общему числу заданий текущего этапа или функцию, использующую вес каждого задания. В последнем случае при формировании тестовых заданий преподаватель кроме уровня сложности должен задать вес задания. Количество баллов, полученных обучаемым за правильные ответы в системе автоматически преобразуется по шкале 0-100%.

Заключительным этапом формирования системы тестирования является ее генерация. В блоке генерации преподаватель имеет возможность подобрать элементы интерфейса разрабатываемой компьютерной системы, способ перехода от этапа к этапу тестирования, форму результирующей оценки тестирования. Блок генерации системы тестирования позволяет просмотреть будущую систему в демонстрационном режиме и внести необходимые изменения.

Набор тестовых заданий, граф стратегии тестирования и набор элементов интерфейса системы тестирования может быть сохранен для дальнейшего использования. Сгенерированная компьютерная система тестирования является независимым исполняемым файлом и может применяться как отдельный программный продукт или как элемент адаптивной обучающей системы.

Главное требование к набору тестовых заданий – это достаточно большое их количество. Случайный выбор заданий и вариантов ответа исключит механическое запоминание при неоднократном прохождении теста. Для увеличения степени эффективности индивидуализации образовательного процесса целесообразно всю совокупность заданий распределить по темам – этапам, чтобы контролировать уровень усвоения обучаемым учебного материала после изучения каждой темы.

С точки зрения авторов, конкретный тест, предлагаемый учащемуся системой адаптивного тестирования, должен содержать задания трех уровней сложности. Учебный курс или тема курса, тестируемые в системе, разбиваются на несколько разделов. В качестве примера будем рассматривать тему курса информатики «Системы счисления». Здесь целесообразно выделить следующие разделы: перевод числа из некоторой системы счисления в десятичную систему, перевод из десятичной системы счисления в произвольную систему, перевод из двоичной системы счисления в восьмеричную и обратно, перевод из шестнадцатеричной системы счисления и обратно, сложение и вычитание чисел, записанных в некоторой системе счисления, умножение чисел, записанных в некоторой системе счисления.

Для каждого раздела база данных системы наполняется учебными

заданиями. Каждому заданию приписывается некоторый уровень сложности. Например, по разделам «Перевод чисел из одной системы счисления в другую» и «Сложение чисел, записанных в некоторой системе счисления» имеется следующий набор задач (табл. 1).

Таблица 1. Набор задач с указанием уровня сложности

№	Условие задачи	Уровень сложности
1	Перевести число 25 из десятичной системы счисления в двоичную	1
2	Перевести число 37 из десятичной системы счисления в восьмеричную	1
3	Перевести число 1011 из двоичной системы счисления в десятичную	1
4	Перевести число 45 из восьмеричной системы счисления в десятичную	1
5	Перевести число 178 из десятичной системы счисления в шестнадцатеричную	2
6	Перевести число C7 из шестнадцатеричной системы счисления в десятичную	2
7	Перевести число 2D5 из шестнадцатеричной системы счисления в двоичную	3
8	Перевести число 165 из восьмеричной системы счисления в двоичную	3
9	Выполните $45_8 + 32_8$	1
10	Выполните $1001_2 + 101_2$	1
11	Выполните $27_8 + 56_8$	2
12	Выполните $1A_{16} + 73_{16}$	2
13	Выполните $E2A_{16} + 32F_{16}$	3
14	Выполните $B37_{12} + 4A1_{12}$	3

Задания разделов представлены в различных тестовых формах. Приведем ряд примеров.

1. Задания с выбором одного или нескольких правильных ответов. Перевести число 178 из десятичной системы счисления в шестнадцатеричную. Варианты ответов: 2B, 262, B2.
2. Задания открытой формы, с указанием ответа испытуемым. Чему равна сумма чисел $27_8 + 56_8$?
3. Задания на установление соответствия элементов одного множества элементам другого множества. Выберите из представленных чисел те, которые могут существовать в шестнадцатеричной системе счисления: CC3, 17, 25, 16, 2G, 5F.
4. Задания, требующие установить правильную последовательность действий. Укажите последовательность действий, приводящую к получению дополнительного кода отрицательного числа: перевод числа в двоичную систему счисления, инвертирование значащих разрядов, инвертирование знакового разряда.

Рассмотрим стратегию адаптивного тестирования на примере задач

темы «Системы счисления».

Каждое задание оценивается по шкале от 0 до 5. Обучаемый на первом шаге получает задание из первого раздела второго уровня сложности. Если он получил 0 или 1 балл, то задание второго раздела предоставляется в соответствии с первым уровнем сложности, если получил от 2 до 3 баллов, то задания второго раздела сохраняют текущий уровень, если более 3 баллов, то второй раздел представлен заданиями третьего уровня сложности. Распишем подробно шкалу баллов: 0 – решение полностью неверное; 1 – решена одна подзадача; 2 – есть общая идея, но она не доведена до конца; 3 – присутствует две арифметические ошибки; 4 – есть одна арифметическая ошибка, не искажающая смысл; 5 – все решено верно.

Технологический эффект адаптивного тестирования заключается в экономии времени, которое может быть использовано на восполнении «пробелов» в банке знаний обучающегося. Педагогический эффект заключается в том, что по результатам первого этапа тестирования можно составлять диагностическую карту банка знаний конкретного обучающегося, которая поможет ему определить "пробелы" в индивидуальном банке знаний, а это – одна из главных задач как пропедевтического, так и текущего контроля.

Адаптивное тестирование целесообразно на всех этапах педагогического контроля, кроме итогового и отсроченного, которые предназначены для констатирования результатов образовательного процесса. В то же время пропедевтический, текущий и рубежный контроль интегрированы с обучением, это фактор эффективности педагогического управления и обратной связи в обучении. Еще большую роль адаптивное тестирование играет в самостоятельной работе, прежде всего, при самоподготовке. Без экономии времени значительно труднее обеспечить эффективность деятельности педагога, реализовать индивидуальный подход в обучении. Кроме того, адаптивное тестирование тесно связано с адаптивным обучением. Ведь интеграция обучения и контроля (т.е. когда контроль становится средством обучения) предполагает, что задания, предъявляемые обучающемуся, соответствуют уровню его знаний и подготовленности.

Предлагаемый генератор компьютерных систем адаптивного тестирования позволяет преподавателям не только использовать собственные наработки и следовать авторским стратегиям тестирования, но и максимально приблизить уровень тестовых заданий к текущему уровню восприятия обучаемого, построить его индивидуальную траекторию обучения. Использование компьютерных адаптивных систем тестирования раскрывает возможности информационных технологий в области педагогического контроля, позволяет автоматизировать главную особенность адаптивного тестирования – индивидуализацию траектории предъявления заданий в зависимости от уровня знаний тестируемого.

Литература

1. Добровольская Н.Ю., Харченко А.В. Инструментарий разработки модуля адаптивного тестирования в обучающем ресурсе. Электронные ресурсы в непрерывном образовании («ЭРНО-2012»): Труды III Международного научно-методического симпозиума. – Ростов н/Д: издательство ЮФУ, 2012.
2. Самылкина Н.Н. Современные средства оценивания результатов обучения. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
3. Аванесов В.С. Композиция тестовых заданий. – М.: Центр тестирования, 2002.

Исаченко А.Н.¹, Раевская Л.А.²

¹ Белорусский государственный университет, доцент
isachen@bsu.by

² Белорусский национальный технический университет, старший преподаватель,
larais@mail.ru

Информационная и инструментальная поддержка курса «Исследование операций»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Принцип, программный инструментарий, электронный образовательный ресурс, компонент, исследование операций.

АННОТАЦИЯ:

Рассматриваются принципы организации информационной поддержки для курса «Исследование операций» на факультете прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета. Перечисляется применяемый программный инструментарий, методика и порядок его использования. Определяются компоненты электронного учебно-методического комплекса.

Введение

Общеизвестна роль методологии построения математических моделей и принятия по ним оптимальных решений. Поэтому вопросы, связанные с построением математических моделей по реальным ситуациям, возникающим в практической деятельности, описанием получаемых классов задач, их анализом, проверкой корректности моделей включаются в учебные планы большинства естественнонаучных и технических специальностей. Как правило, в виде курса «Исследование операций» (ИСО) или отдельных тем, относящихся к данному курсу. Существует достаточно большой выбор: 1) информационных ресурсов для изучения соответствующих тем, представленных как Интернет-ресурсами, так и печатными изданиями; 2) прикладных программных систем для анализа и решения задач. Выбор конкретных ресурсов, средств и систем определяется их доступностью, наличием свободно распространяемых версий, простотой интерфейса.

На факультете прикладной математики и информатики в седьмом семестре в учебный план для специальностей «информатика», «компьютерная безопасность» включён курс «Исследование операций», содержащий 68 часов лекционных и 18 часов практических занятий. Курс обладает рядом особенностей. Прежде всего, большой объём теоретического материала. Затем разнообразие математических моделей и классов задач, зачастую не связанных между собой и имеющих разный

математический аппарат исследования и решения, что усложняет усвоение материала. Наконец, незначительное число практических занятий, на которые выносятся только основные вопросы некоторых изучаемых тем. Поэтому для успешного освоения курса от студентов требуется регулярная самостоятельная работа для закрепления изучаемого материала и соответственно правильная организации этой самостоятельной работы. Здесь существенную роль играет наличие информационных ресурсов, систем, позволяющих автоматизировать процесс организации и контроля обучения, процесс самостоятельной работы студентов. И, в частности, размещения электронных материалов и проведение тестирования для промежуточного и итогового контроля знаний, проверки правильности выполнения практических и индивидуальных заданий, ведения рейтинга текущей успеваемости и активности студентов.

Информационные ресурсы

Основой информационных ресурсов по курсу «Исследование операций» является электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК), представляющий собой, по существу, информационный образовательный ресурс, предназначенный для методического обеспечения всех видов учебной деятельности с помощью современных компьютерных технологий. В соответствии с положением об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, структурно ЭУМК можно представить состоящим из пяти компонент: учебно-программного, учебно-методического, учебного, информационно-аналитического.

Учебно-программный компонент содержит, прежде всего, типовую учебную программу для высших учебных заведений по специальностям прикладная математика (по направлениям), информатика, актуарная математика, экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике), компьютерная безопасность (математические методы и программные системы). Учебная программа размещена в электронной библиотеке БГУ [1] и библиотеке сетевой образовательной платформы (СОП) «e-University» [2,3]. В состав компонента входит также рабочая программа и мультимедийная презентация курса.

Учебно-методический компонент включает учебно-методические пособия для студентов факультета прикладной математики и информатики, размещённые в электронной библиотеке БГУ и библиотеке СОП «e-University». Пособия включают основные теоретические результаты по курсу, подробные примеры решения задач, задачи для самостоятельной работы.

Учебный компонент содержит основные информационные ресурсы, поддерживающие исполнительный этап учебного процесса. В качестве информационных ресурсов в курсе «Исследование операций» используются классические печатные издания и издания преподавателей факультета [4,5], полный набор презентаций лекций. В них содержатся материалы по: 1) методологии построения математических моделей; 2) неформальным

методам принятия решений; 3) теории игр; 4) сетевым моделям; 5) задачам управления запасами; 6) системам массового обслуживания; 7) теории расписаний; 8) дополнительным главам исследования операций. Электронные варианты изданий имеются на серверах БГУ, в электронной библиотеке БГУ, а также занесены в библиотеку СОП «e-University».

Информационно-аналитический компонент содержит сведения об Интернет-ресурсах по курсу, указывает ссылки на размещение информационных ресурсов в электронной библиотеке, библиотеке СОП «e-University» и серверах БГУ.

Целесообразно включить в состав ЭУМК компонент по НИРС, включив в него наиболее интересные рефераты студентов, лучшие доклады на студенческих научных конференциях, в частности ежегодной научной конференции студентов и аспирантов БГУ, работы, представленные на конкурс БГУ, Республиканский и другие конкурсы студенческих научных работ. Включаемые материалы должны быть тематически связаны с курсом «Исследования операций».

Все перечисленные компоненты составляют содержимое теоретического и практического разделов ЭУМК.

Раздел контроля знаний, предусмотренный положением об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, включает контрольные работы, тесты для текущей и итоговой аттестации, а также для самоконтроля студентов. Эти материалы имеются в печатном виде и размещены в СОП «e-University».

Задачи повышенной трудности или включающие элементы исследовательской работы, могут формулироваться в системе в виде заданий, выполнение которых предоставляется в виде обзоров, отчётов, описания алгоритмов с оценкой их трудоёмкости, вычислительных экспериментов и расчётов.

Остановимся кратко на проблеме составления тестов для самоконтроля, текущего и итогового контроля. Поскольку в курсе «Исследование операций» для большинства задач излагаются алгоритмы их решения, то при составлении теста важно выбрать правильную форму вопроса (с единственным выбором ответа, с множественным выбором ответов, на соответствие ответов и категорий и т.д.) и его формулировку, позволяющие оценить знание студентом алгоритма и умение его использовать. Это достигается требованием указания промежуточных результатов выполнения алгоритма, его возможных ветвлений, условий реализации. Составление корректных тестов является не только трудоёмким процессом, но и требует определённого времени апробации в период учебного процесса для выявления неточностей и ошибок. Необходимо правильно определить количество тестов, количество групп вопросов, типы вопросов, время выполнения тестов.

По курсу «Исследование операций» подготовлены и проводятся три теста текущего контроля, и итоговая контрольная работа. В первый тест

внесены вопросы по неопределённостям в задачах ИСО, неформальным методам и теории игр. Второй тест содержит вопросы по сетевым моделям, третий – по задачам управления запасами, теории расписаний, и системам массового обслуживания. Большинство вопросов представлено в виде задач, для которых необходимо указать не только решение, но и, как указывалось выше, правильность его получения, основанное на указании результатов промежуточных вычислений, получаемых в процессе реализации алгоритма.

Мотивация процесса обучения достигается применением рейтинговой системы, учитывающей результаты сдачи тестов, контрольной работы, посещаемости занятий, участия в НИРС по тематике дисциплины. Текущий рейтинг студента по итогам сдачи тестов отражается в СОП «e-University». Общий текущий рейтинг, отражающий помимо итогов сдачи тестов активность студента в учебном процессе, размещается на сервере БГУ.

Курс «Исследование операций» условно разбит на три части. Изучение курса состоит из следующих этапов. Ознакомление с типовой учебной программой (электронная библиотека, СОП «e-University», презентация курса на лекции). Изучение разделов первой части (лекции, практика, презентации лекций, источники в электронной библиотеке, библиотеке СОП «e-University», источники на серверах БГУ), прохождение теста первой части (СОП «e-University»). Повторение этапа для второй и третьей частей. Итоговая контрольная работа. Экзамен.

Отметим, что применение ЭУМК даёт студентам свободный доступ к информационным ресурсам, возможность самообучения, контроля прохождения курса. Студент изучает предложенные учебные материалы, знакомится с рекомендованной литературой, контактирует с преподавателем-консультантом и другими студентами, проверяет свои знания, проходя тесты для самопроверки.

Роль преподавателя из поставщика знаний на лекциях смещается в сторону рациональной организации информационной среды по курсу, правильного подбора инструментальных средств, консультационной работы, руководства исследовательской работой студентов, тематически связанной с разделами курса. Акцент должен делаться на самостоятельную работу студентов. Целесообразно уменьшение лекционных часов, увеличения практических и введение лабораторных занятий по курсу.

Инструментарий

К программному инструментарию, используемому для курса «Исследование операций» относится, прежде всего, СОП «e-University». Заметим, что система «e-University» реализована в виде WEB-приложения и рассчитана для использования как в сети Интернет, так и Интранет. Основными компонентами сетевой образовательной платформы являются подсистема управления обучением и подсистема управления учебным контентом. Система обеспечивает возможность ведения библиотеки учебных материалов. Подсистема разработки электронных учебников

позволяет создавать собственные структурированные мультимедийные учебники. СОП имеет инструментарий для создания тестов, заданий, ведения статистики и составления отчётов по результатам прохождения тестов и выполнения заданий. Обладая простым, интуитивно понятным интерфейсом, «e-University» позволяет реализовать практически все основные функции современной системы управления обучением.

За время эксплуатации СОП «e-University», в БГУ выработан перечень мероприятий, подлежащих выполнению при использовании системы, разработаны методические рекомендации по применению системы в учебном процессе, созданы учебные материалы для различного уровня пользователей, от студентов до наблюдателей и администраторов системы.

Подготовка курса преподавателем включает следующие действия. Структурирование курса, т.е. разбиение его на модули, определение количества тестов, заданий, системы оценок. Создание элементов курса, а именно, аннотации, учебной программы по курсу, списка литературы, разработка итоговых тестов. Создание учебного модуля, что включает создание аннотации, указаний по изучению модуля, учебных материалов для модуля, списка литературы, тестов и заданий.

Работа студента в системе начинается с авторизации, просмотра элементов курса, загрузки или копирования учебных материалов, изучения материала, выполнении тестов для самопроверки, выполнении тестов промежуточного и итогового контроля, просмотра своего текущего рейтинга, выполнении при наличии заданий, консультации у преподавателя-куратора курса.

Заключение

Использование информационных ресурсов и инструментария позволяет повысить качество обучения, даёт студентам свободный доступ к информационным ресурсам, предоставляет возможность самообучения, контроля прохождения курса, оценки текущего уровня знаний и навыков. Меняется роль преподавателя. Оставаясь главным звеном процесса обучения, преподаватель должен подготовить информационную и инструментальную среду учебного процесса, поддерживать её актуальное состояние, внося своевременные корректировки и изменения, взаимодействовать со студентами на этапах образовательного процесса за счёт постоянного мониторинга работы студентов. Отметим планомерность внедрения информационных технологий в учебный процесс факультета прикладной математики и информатики БГУ.

Литература

1. Краснопрошин В.В., Исаченко А.Н. Исследование операций. №ТД-G312/тип. Типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальностям: Прикладная математика (по направлениям); Информатика; Актуарная математика; по направлениям специальностей: Экономическая кибернетика (математические методы и компьютерное моделирование в экономике); Компьютерная безопасность (математические методы и программные системы) [Электронный ресурс] Режим доступа:

<http://elib.bsu.by/handle/123456789/1430> – Дата доступа: 9.10.2013.

2. Исаченко А.Н. Применение системы дистанционного обучения на факультете прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета // Современные информационные компьютерные технологии: Сб. научных статей. – Гродно: ГрГУ, 2006. – с.195-201.
3. СОП eUniversity [Электронный ресурс] / Белорусский государственный университет. – Минск, 2006. – Режим доступа: <http://euniversity.bsu.by>. – Дата доступа: 9.10.2013.
4. Исаченко А.Н., Дробушевич Л.Ф. Исследование операций в задачах: Учеб.-метод. пособие для студентов факультета прикладной математики и информатики. В 3 ч. Ч.1. Математические модели. Теория игр. – Мн.: БГУ, 2010. – 49 с.
5. Исаченко А.Н., Дробушевич Л.Ф. Исследование операций в задачах: учеб.-метод. пособие для студентов факультета прикладной математики и информатики. В 3 ч. Ч. II: Сетевые задачи. – Минск: БГУ, 2011. – 63 с.
6. Исаченко А.Н. Об использовании информационных ресурсов и программных средств в курсе «Модели данных и СУБД» // Современные информационные технологии и ИТ-образование / Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 334 – 339.

Гнитецкая Т.Н.¹, Иванова Е.Б.²

¹ Дальневосточный федеральный университет, профессор,
gnitetskaya.tn@dvfu.ru

² Дальневосточный федеральный университет, доцент
lena---iv@mail.ru

Количественная оценка связности курсов физики и математики при дистанционном обучении

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Связность, физика, математика, дистанционное обучение, количественная оценка.

АННОТАЦИЯ:

Сегодня вопросов о целесообразности дистанционного обучения становится все меньше. Однако, мобильные и дистанционные технологии обучения практически не используются при обучении физике. Существует мнение, что уровень такого обучения физике очень низкий. Тем не менее, некоторые университеты используют в своей практике обучение физике с использованием дистанционных и мобильных технологий, как альтернативу обычному способу обучения. Качество дистанционного обучения физике в значительной степени зависит от степени связности содержания физики с содержанием других онлайн-курсов (например, математики, химии, биологии и т.д.). В данной статье описаны количественные методы оценки и структуризации содержания дистанционных курсов физики и математики. Метод основан на графовой модели межпредметных связей, которая была разработана Т.Н. Гнитецкой. Параметр связности, может быть принят в качестве одного из важных показателей качества дистанционного или мобильного обучения.

Сегодня дистанционные технологии обучения стали необходимым атрибутом университетского образования. Все чаще осуществляются попытки перевести естественнонаучные учебные курсы, например физику, в форму, позволяющую адаптировать их к дистанционному изучению. Однако, в публикациях по формированию дистанционных учебных курсов недостаточно внимания уделяется вопросам качества при отборе и систематизации содержания учебных курсов. Вместе с тем, строгая дифференцированность учебных курсов в дистанционном обучении, например, математики, физики или химии, может привести к искажению формируемых у студентов представлений об устройстве окружающего Мира, основным свойством которого является его внутреннее единство. Очевидна необходимость установления степени взаимосвязи

дистанционных курсов и разработки механизма формирования взаимосвязанного содержания дистанционных курсов. Данная задача может быть решена на основе идеи межпредметных связей, выявление которых в on-line курсах может позволить установить картину взаимосвязанности их содержания. Оптимизация содержания рассматривается как процесс усиления этих связей с помощью отбора и систематизации содержания. Такой подход требует разработки соответствующей модели межпредметной связи, дополненной количественным аппаратом.

Выделение межпредметных связей и представление их в процессе дистанционного обучения может способствовать формированию такого содержания естественнонаучных дистанционных курсов, которое бы отвечало требованию целостности.

В данной статье мы используем определение межпредметной связи и ее интерпретацию, предложенную Т.Н. Гнитецкой, где связь представляется с помощью графовой и информационной моделей [1]. Графовая модель позволяет проследить связи в структуре каждого учебного курса, а информационная модель – учесть информационные ограничения восприятия информации студентами для курса, изучаемого дистанционно. В данной статье рассматривается только графовая модель межпредметной связи и ее приложение к задаче оптимизации содержания on-line курсов физики и математики.

Основателю предметного обучения, великому педагогу Я. А. Коменскому [2] принадлежит известное изречение – «...все, что находится во взаимной связи должно и преподаваться в такой же связи...». Эффективность разрешения диалектического противоречия между необходимостью формирования целостных представлений о Природе и Обществе и предметным (дифференцированным) ее изучением определяется уровнем знаний о межпредметных связях (МПС).

Сегодня, в период перехода к информационному обществу, когда профессиональные знания устаревают в течение 1-2 лет, на первый план выходит умение быстрого приобретения новых знаний, позволяющих личности адекватно реагировать на вызовы Общества. Это возможно осуществить в рамках дистанционного обучения лишь на основе фундаментальных, целостных представлений о Природе и окружающем нас Мире. Поэтому активизация исследований межпредметных связей вызвана, скорее всего, практической необходимостью, диктуемой временем, нежели чисто теоретической задачей, которая тоже имеет право на реализацию. Трудно переоценить вклад внутри- и межпредметных связей в процесс формирования научного мировоззрения. Не случайно рядом исследователей рассматривается мировоззренческая функция МПС [3]

Несмотря на богатую и продолжительную историю изучения межпредметных связей, область исследования МПС ограничена исследованиями их качественных характеристик, либо изложением

методических разработок на основе МПС. В то время как, давно известно, что «учебные явления остаются непознанными», если их анализ проводится «без помощи количественных данных» [4].

Известные сегодня определения межпредметной связи, их более 30, только качественно отражают какие-то функции или свойства связи.

Подход, разработанный Гнитецкой Т.Н. [1] и предложенное ею определение межпредметных связей позволяют не только наглядно представлять эти связи в учебном предмете, но и выполнять их количественную оценку.

По определению [1] под межпредметной связью понимается конструкция элементов педагогической системы, которая связывает элементы структуры межпредметного содержания образования и состоит из:

- объекта связи – любого элемента знаний, навыков и умений, принадлежащего базовому предмету и используемого в связанном (по крайней мере, в двух элементах его структуры);
- канала связи – одного или нескольких элементов образовательной технологии, адекватной предметам, между которыми устанавливается связь.

Направление МПС задается выбором базового предмета – от базового предмета к связанному. Одна и та же связь не может одновременно иметь прямое и обратное направление. Даже при одинаковом объекте связи канал связи от предмета А к предмету В не совпадает каналом связи от В к А. Иллюстрация определения представлена на рис. 1.

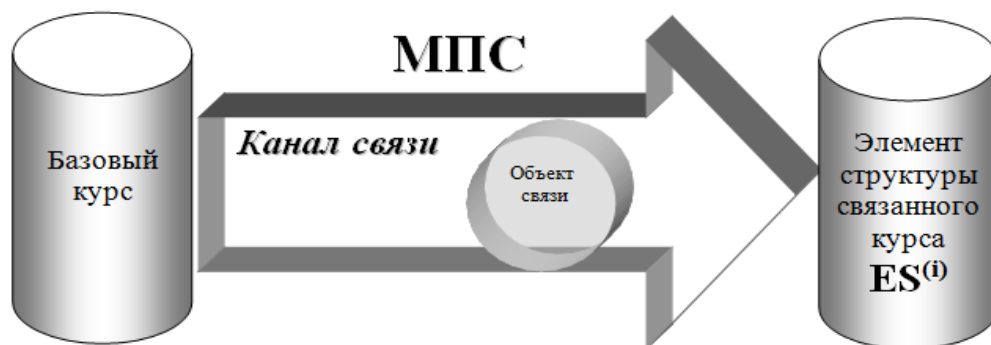


Рис. 1 Иллюстрация определения межпредметной связи

Приведенное определение межпредметной связи существенно отличается от уже существующих определений тем, что связь трактуется как объект, ответственный за перенос учебной информации, более того, определена структура связи. Что позволяет представить графовую и информационную модели межпредметной связи, с помощью которых становится возможным проводить количественную оценку межпредметных связей.

В этой статье мы рассмотрим только графовую модель межпредметной

связи на примере связи курсов физики и курса математического анализа.[5, 6].

К элементам структуры межпредметного содержания образования отнесем курс математического анализа и множество элементов структуры курса общей физики. Базовым предметом будем считать «Курс математического анализа», а «Курс общей физики» – связанным.

Тогда объектами связи являются элементы знаний (математические понятия, теоремы, аксиомы), навыки и умения, принадлежащие Курсу математического анализа используемые в курсе общей физики.

Объединим, согласно [1], используемые в Курсе математического анализа, математические понятия, теоремы, аксиомы, навыки и умения в пять соответствующих групп, и присоединим к множеству элементов групп множество элементов структуры.

Пересечение множества элементов структуры с любым из множеств элементов знаний делит любое множество элементов структуры на ячейки. Будем считать, что ячейка заполнена (отмечена ромбиком) если в элементе структуры физики используется данное математическое понятие. Множества таких ячеек, которые являются узлами межпредметной связи и представляют пространство межпредметного содержания образования.

Так как приобретение и применение студентами межпредметных знаний, умений и навыков осуществляется в процессе обучения, то межпредметная связь формируется во времени. Таким образом, элемент знаний, принадлежащий курсу математического анализа может использоваться в курсе общей физики до изучения в курсе мат. анализа, совпадать по времени изучения, а так же изучаться после того, как оно было введено в курсе общей физики. Время изучения математического понятия в курсе математического анализа регистрируется закрашиванием ячейки того элемента структуры курса физики, изучение которого попадает в тот же временной интервал.

Межпредметные связи, реализуемые через объект связи, можно представить как ориентированные помеченные графы. Каждый из графов представляет собой дерево, имеющее своим началом помеченный (корневой) узел один и тот же для всех межпредметных связей, реализуемых через объект связи. Графы заканчиваются на узлах (висячих) подмножества, которые помечаются в случае использования объекта связи в i – м элементе структуры. Наша терминология согласуется с той, которая принята в книге Ф.Харари [7] и Ф. Харари и Э. Палмер [8].

Опишем графовую модель межпредметной связи на примере межпредметного пространства, создаваемого курсами Общей физики (далее физики) и Математического анализа (далее математики), которые являются обязательными для изучения студентами естественнонаучных специальностей на первых курсах дистанционного обучения. В этом случае **базовым** предметом является математики, а физика – **связанным**. Тогда **объектами связи** являются элементы знаний (математические понятия,

теоремы, аксиомы), навыки и умения, принадлежащие математике и используемые в физике.

Объединим, используемые в математике математические понятия, теоремы, аксиомы, навыки и умения в пять соответствующих групп:

1 – группу математических понятий; 2 – группу теорем; 3 – группу аксиом; 4 – группу навыков и 5 – группу умений.

В таблице 1 приведен фрагмент множества группы математических понятий, пересекающихся с множеством структурных элементов курса физики. Структура выбранного курса общей физики содержит двадцать структурных элементов, последовательность которых считается традиционной. Повторим, что факт применения в структурном элементе физики данного математического понятия фиксируется наличием ромба в ячейке их пересечения. Графы в таблице 1 показывает связи, установленные через объект связи – производная.

Последовательность элементов структуры согласована с вектором учебного процесса. Поэтому время изучения математического понятия в курсе математики регистрируется закрашенной ячейкой совпадающего по времени изучения соответствующего структурного элемента физики. Например, из таблицы видно, что понятие производной впервые вводится преподавателем физики в первом структурном элементе «Кинематика», в то время как обоснованное определение производной появляется в математике значительно позже и соответствует времени изучения структурного элемента физики «Законы сохранения». Если формирование математического понятия осуществляется в физике, то считаем, что оно и используется впервые в физике, поэтому корневой узел графов понятия производной вынесен в первый структурный элемент. По такому же принципу выстраиваются графы для всех остальных математических понятий.

Отсутствие циклов в графах диктуется логикой учебного процесса. Если межпредметная информация используется в нескольких элементах структуры связанного предмета, то невозможно передать эту информацию к последнему из них, минуя промежуточные.

Отметим также, что положение корневого узла позволяет естественным образом выделить три типа МПС. Объекты связи могут использоваться в связанном предмете – физике до, во время или после их формирования в базовом – математике, что по принятой классификации межпредметных связей соответствует предшествующим, сопутствующим и последующим хронологическим межпредметным связям [9].

Методические подходы и приемы, используемые преподавателями физики и математики в пределах времени, отведенного учебным планом, существенно отличаются, что определяет не эквивалентность каналов связи и, в конечном счете, самих связей. Поэтому целесообразно ввести понятие **пропускной способности** межпредметных связей, характеризующей отмеченную выше не эквивалентность передачи учебной

информации от одного структурного элемента к другому.

Таблица 1. Распределение математических понятий в структуре традиционного курса общей физики (фрагмент)

Механика										Молекул. ф-ка и т/динамика				Электромагнетизм				Волны		Ат. и яд. ф-ка		Относительная максимальная длина	Относительная сила связи
Элементы структуры	Кинематика	Динамика	З-ны сохранения	Динам. твердых тел	Колебания	Вращательное движение	Термодинамика	Статистич. законы	Газы и жидкости	Твердые тела	Стат. Эл. поле		Стат. Маг. поле		Квантовый электр. поле	Упругие волны	ЭМ взаимодействие		Атомная физика	Ф-ка элем. частиц			
											В вакууме	В веществе	В вакууме	В веществе			В вакууме	В веществе					
Математические понятия	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	L	C	
1 Функция	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00	
2 Постоянная величина	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00	
3 Дифференциал	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00	
4 Непрерывность функции	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00	
5 Евклидово пространство	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,95	
6 Производная	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	0,87	
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→</													

Пропускная способность канала связи определяется скоростью (максимальной) передачи учебной информации (С), то есть количеством учебной информации (S), передаваемой за единицу времени (Т): $C = S/T$ [бит/сек] [10].

Описанная графовая модель межпредметных связей позволяет ввести их количественные характеристики. Длительность действия межпредметной связи можно рассматривать как характеристику длины связи или величину радиуса связанного ориентированного графа только в условиях данной задачи. Наличие разрывов, то есть таких элементов структуры физики, в которых математическое понятие не используется, ослабляет межпредметную связь. Поэтому характеристикой степени внутренней взаимосвязи может служить сила межпредметной связи. Абсолютные характеристики зависят от количества структурных элементов в связанном предмете, что неудобно. Поэтому введены относительные характеристики межпредметных связей, которые и приведены в таблице – относительная максимальная длина L и относительная сила связи C . Формулы, методики расчета и весь математический аппарат подробно изложены в работе [1].

Расчет количественных характеристик позволяет проводить установление иерархии математических понятий по их степени значимости в курсе физики. Как видно из таблицы 1, ранжирование математических понятий проводится сначала по характеристике длины связи, а затем по

силе связи. Установление иерархии позволяет выделить в наборе математических понятий фундаментальное ядро, на которое следует опираться при разработке курсов физики и математики для дистанционного обучения.

Конечно, количественный аппарат данной модели был существенно упрощен, посредством ее приведения к однородному виду. В однородной модели межпредметных связей принято, что структура физики однородна по времени и пропускной способности межпредметных связей. Однородными по времени приняты такие структуры, длительность изучения каждого элемента которых одинакова и равна единице. Условием однородности структуры по пропускной способности межпредметной связи принята независимость пропускной способности от времени. Или, по крайней мере, для двух качественно отличающихся промежутков времени. Тогда время образования корневого узла, отсчитываемое относительно начала изучения КОФ, равно номеру изучаемого элемента структуры.

Значения пропускной способности можно определить и экспериментально [1]. Например, оценка пропускной способности межпредметной связи между математикой и физикой через понятие производной была проведена методом экспертных оценок. Выборка составила 22 человека из преподавателей и студентов, обучающихся на физических специальностях. Оценка показала следующее. Пропускная способность межпредметной связи физики и математики, выстроенной через понятие производной, будет в 2 раза больше, если ее формирование будет осуществляться не в физике, а в математике. Опрашиваемым респондентам (экспертам) задавался вопрос: – «Во сколько раз эффективность обоснования и определения математического понятия в курсе математики больше, чем эффективность обоснования и определения того же математического понятия в курсе физики?».

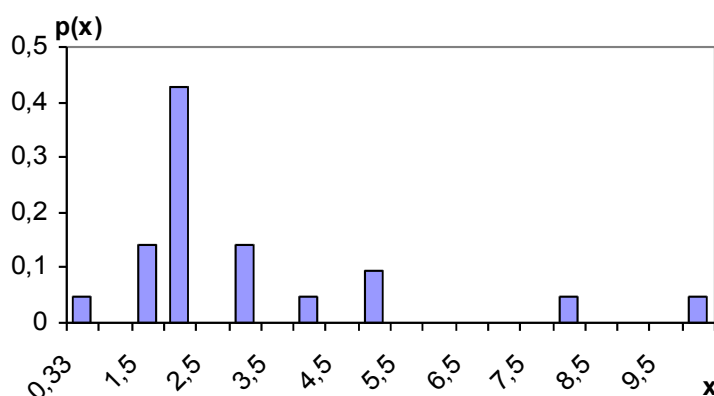


Рис. 2. Распределение вероятностей ответов экспертов

Результаты опроса представлены на рис.2, где приняты следующие обозначения: x – число, показывающее во сколько раз эффективность обоснования и определения понятия в курсе математики больше, чем в

курсе физики; $p(x) = \frac{n(x)}{N}$ – вероятность «выпадения» соответствующего x .

Очевидно, что наиболее вероятным значением x является 2. Поэтому, не нарушая общности подхода, можно принять, что пропускная способность межпредметной связи, выстроенной через понятие производной имеет два значения. От начала формирования производной в физике (кинематика) до момента ее введения в математике (соответствует времени изучения Законов сохранения) пропускная способность равна 1. После детального введения понятия производной в математике пропускная способность межпредметной связи возрастает в два раза.

Данное обстоятельство позволяет предположить, что целесообразно сдвинуть изучение физики на семестр позднее. Такой опыт имеется. Например, в некоторых университетах общая физика изучается со второго семестра, а математический анализ – с первого.

Все введенные характеристики межпредметных связей, в том числе и связность, зависят от положения корневой вершины графа межпредметной связи, то есть от момента формирования математического понятия. В этом случае основные математические понятия формируются до начала изучения физики.

Таблица 2 Распределение математических понятий в структуре традиционного курса общей физики при изучении математики, предваряющем изучение физике

	Математические понятия	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	L	C
1	Функция	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00
2	Постоянная величина	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	1,00	1,00
:	:																					:	:
8	Производная	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	0,95	0,87
:	:																					:	:
24	Определенный интеграл	◆		◆	◆		◆	◆	◆		◆		◆	◆	◆				◆	◆		0,95	0,42
:	:																					:	:
89	Интеграл Фурье																		◆			0,90	0,05

Новый порядок меняет картину распределения математических понятий в курсе физики. Такое распределение приведено на табл.2. Здесь, в отличие от распределения корневых узлов представленного на табл. 1, все корневые узлы смещены в первый структурный элемент физики. Расчет связности математики и физики показывает, что силы межпредметных связей, как абсолютные, так и относительные, реализованные через группу математических понятий, отличаются. В случае, приведенном на табл.1, связность физики и математики больше на 10 %, чем в случае, приведенном на табл.2.

Закключение:

Таким образом, с точки зрения связности курсов предпочтительнее изучать курс физики синхронно с математикой, нежели предварять физику курсом математического анализа. Вполне понятно, что доказательство высказанного утверждения будет убедительней, если привлечь не только

полную группу понятий, но и группы теорем, навыков и умений, формируемых в математике, но это представляет собой отдельное исследование. Группа же понятий состоит из 89 объектов изучения и является основной среди объектов знаний математики (группы теорем, аксиом, навыков и умений), что позволяет нам считать высказанное утверждение доказанным.

Предложенный подход, базирующийся на графовой модели межпредметных связей, дополненной количественными характеристиками, может быть рекомендован для отбора, структурирования, систематизации и оптимизации физико-математического содержания, которыми следует предварять разработку курсов физики и математики при их дистанционном изучении.

На основе полученных и описанных выше результатов, можно рекомендовать при разработке дистанционных курсов физики и математики использовать количественные методы для:

1. установления иерархии межпредметных понятий базового курса (математики), знание которой позволит выделить фундаментальное ядро математических понятий, чье присутствие в дистанционном курсе физики обеспечит высокую связность физики и математики;
2. разработки учебных планов дистанционной подготовки, где последовательность изучения дистанционных курсов не противоречит высокому уровню их связности;
3. оценки степени связности учебников, рекомендованных для самостоятельно изучения.

Литература

1. Гнитецкая Т. Н. Информационные модели внутри- и межпредметных связей как основа технологии обучения физике. Дисс. на соискание уч. степени доктора пед. наук. Москва – 2006. 321с.
2. Коменский Я.А. Великая дидактика.- Избранные педагогические сочинения: В 2-х т.Т.1.- М.: Педагогика, 1982.- С. – 242 – 476.
3. Федорова В.Н. Некоторые теоретические вопросы проблемы межпредметных связей. // Перспективы развития содержания общего среднего образования. Вып.2.- М.: Изд. НИИ содержания и методов обучения АПН СССР, 1974.- С.3-20.
4. Занков Л.В. О предмете и методах дидактических исследований. М., Изд. АПН РСФСР, 1962, – С. 42, 98-115.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. Учеб. пособие. 1-ое изд. – М.: Наука, 1971. В 3-х т.
6. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа в серии «Курс высшей математики и математической физики» ч.1 – 4-е изд., ч.2 – 3-е изд. М.: Наука ФИЗМАТЛИТ, 1982, 2000 гг.
7. Харари Ф. Теория графов.- М.: Изд-во «Мир»,1973. – 300 с.
8. Харари Ф., Палмер Э. Перечисление графов.- М.: Изд-во «Мир»,1973.- 324 с.
9. Федорец Г.Ф. «Межпредметные связи в процессе обучения», Л.: Изд. Ленинградского госпединститута им. А.И. Герцена, 1983.
10. Ломов Б.Ф. Человек и техника. Очерки инженерной психологии.- М.: Изд. Советское радио. – 464 с.

Куртасов А.М.¹, Швецов А.Н.²

¹ ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет», аспирант,
akurtasov@gmail.com

² ФГБОУ ВПО «Вологодский государственный технический университет», декан
факультета заочного и дистанционного обучения, профессор, д. т. н., smithv@mail.ru

Метод автоматизированной генерации заданий для тестов контроля знаний из текстов учебных пособий

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Тестовый контроль знаний, учебное пособие, автоматизация, обработка текста.

АННОТАЦИЯ:

В докладе описан метод автоматизированной генерации тестовых заданий из текстов учебных пособий. Приведена процедура генерации, включающая в себя три основных этапа обработки текста: выделение предложений, фильтрация предложений, генерация вопросов. Рассмотрены возможности применения методов автоматического реферирования текста для фильтрации предложений. Описана экспериментальная система, позволяющая генерировать задания для системы дистанционного обучения Moodle. Приведены результаты предварительных экспериментов, проведенных с учебной литературой по ИТ-тематике. Выделены основные проблемы для последующего изучения.

Введение

Методы автоматической обработки текстов (АОТ) на естественном языке изучаются применительно к различным предметным областям, включая образование. К примеру, на всемирно известных научных конференциях ACL и NAACL, посвященных вопросам АОТ и компьютерной лингвистики, регулярно проводятся специализированные семинары на тему разработки программного обеспечения для сферы образования с применением АОТ: *Innovative Use of NLP for Building Educational Applications* («Инновационное применение АОТ для построения образовательных приложений»). Одной из актуальных задач, рассматриваемых исследователями в этой отрасли, является генерация тестов контроля знаний.

Актуальность этой задачи обусловлена тем, что разработка тестов контроля знаний представляет собой трудоемкий процесс, требующий существенных временных затрат от преподавателя. В настоящее время доступно множество программных средств, которые автоматизируют

проведение и оценку тестов, но обладают ограниченными возможностями композиции тестовых заданий. Например, популярная в российских вузах система дистанционного обучения *Moodle* предполагает наличие банка тестовых вопросов, который необходимо заполнять вручную. Система позволяет вносить элемент случайности в задания отдельного типа (т. н. вычисляемые вопросы), однако смысловое содержание заданий целиком и полностью определяется преподавателем. При этом очевидно, что содержание заданий во многих случаях отражает содержание учебных пособий и других текстовых источников, задействуемых в преподаваемом курсе. Отсюда вытекает предположение, что процесс извлечения информации из текста с целью композиции тестовых заданий по данному тексту можно автоматизировать.

Целью настоящей работы является разработка и исследование методов автоматической генерации тестовых заданий для контроля знаний путем извлечения фактов из текстов учебных пособий на русском языке.

Важно отметить разницу между двумя связанными терминами: *тестовое задание* представляет собой отдельное упражнение того или иного вида, входящее в состав *теста*, в то время как сам *тест* есть средство измерения знаний, готовое к применению в педагогической практике. В данной работе предполагается, что тест из отдельных тестовых заданий в конечном итоге komponуется преподавателем, который самостоятельно контролирует такие педагогические характеристики, как *валидность* получаемого теста, а рассматриваемый метод используется для генерации содержательной основы тестов, т. е. для наполнения банка вопросов некоторой тестирующей системы, такой как *Moodle*.

При исследовании метода решено ограничиться учебными пособиями, применяемыми при подготовке студентов по ИТ-специальностям на кафедре информационных систем и технологий Вологодского государственного технического университета (включая студентов, обучающихся по программам заочного и дистанционного образования).

1. Обзор существующих исследований

Идея автоматизированной подготовки тестов контроля знаний довольно широко изучается в научной литературе. В русскоязычных источниках некоторые авторы описывают подходы, обеспечивающие создание множества тестовых заданий посредством методов генерации текста. В работах А. П. Сергушичевой и А. Н. Швецова описан метод, который использует формальное описание процессов генерации тестовых заданий средствами канонических исчислений Э. Поста и позволяет формировать структуру и содержание прикладной тестовой системы, определяя лингвистическое содержание конкретных тестов с помощью контекстно-свободных грамматик. Одно из преимуществ метода состоит в том, что после составления грамматики он дает возможность легко порождать множество различных вариантов одного теста, используя в тесте более

сложные структуры, чем упомянутые выше вычисляемые вопросы *Moodle*. Сложность метода заключается в том, что преподавателю требуется самостоятельно составлять грамматики, а это может оказаться весьма трудоемкой задачей.

Отчасти схожий метод генерации заданий для компьютерного тестирования разработан В. В. Кручининым. Метод основан на шаблонах для символьных преобразований текста. Под шаблоном здесь понимается заготовка текста, в которой некоторые элементы могут изменяться в соответствии с заданным алгоритмом. Шаблоны, как и грамматики, требуется разрабатывать вручную.

Л. Г. Алсынбаевой [3] разработан метод автоматизированной генерации тестов по программированию, в котором производственные формализмы используются для генерации не только текстовых фрагментов, но и фрагментов программ.

В и А. Н. Швецовым и соавторами предложен метод, позволяющий подойти к задаче с другой стороны. Основная идея метода заключается в том, что посредством АОТ из составляющих текст утвердительных предложений можно автоматически генерировать вопросы, которые затем будут отбираться, корректироваться и редактироваться преподавателем. Эта идея взята за основу настоящей работы.

Аналогичные методы описаны, в основном, в зарубежной литературе. Например, известен проект *LISTEN (Literacy Innovation that Speech Technology ENables)*, разрабатываемый в Университете Карнеги—Меллон. Цель проекта — разработка обучающей системы, способной выводить на экран компьютера тексты и распознавать речь обучаемых при чтении этих текстов. Одним из компонентов проекта является система разработки тестовых заданий на заполнение пропусков.

Р. Митков и др. предложили подход к созданию системы, которая с помощью технологий АОТ генерирует тестовые вопросы из электронных документов, задействуя ресурсы онтологий. Важной особенностью системы является то, что она позволяет генерировать не только вопросы, но и неправильные, отвлекающие варианты ответов (дистракторы), семантически соответствующие тому или иному вопросу.

М. Хайлмен разработал систему, в которой, помимо прочего, реализован алгоритм статистического ранжирования порождаемых вопросов. Система осуществляет генерацию фактологических вопросов из материалов, которые выдаются обучаемым на чтение. На вход системы подается некоторый источник текста. Система сначала генерирует крупный набор потенциально полезных вопросов, а затем ранжирует их при помощи статистической модели качества вопросов.

Следует отметить, что перечисленные зарубежные проекты ориентированы на обработку англоязычных текстов, а методы обработки текста сильно зависят от конкретного языка. Поэтому исследование подобных методов для русскоязычных текстов представляет существенную

актуальность.

2. Схема работы системы

Основная идея предлагаемого метода заключается в создании системы, которая автоматически генерирует тестовые задания по электронным учебным пособиям и представляет их преподавателю, который, в свою очередь, может использовать их для компоновки теста и последующей оценки учащихся.



Рис. 1. Схема работы системы

На рис. 1 приведена базовая схема автоматизированной процедуры, лежащей в основе функционирования системы. Система принимает текст пособий на вход и формирует тестовые задания на выходе. Затем тестовые задания представляются преподавателю, которые выбирает и редактирует те задания, которые сочтет полезными.

3. Обработка текста

Метод основан на применении лингвистических процессоров, последовательно обрабатывающих текст учебного пособия, статьи или иного источника информации, на знание которого требуется проверить обучаемых.

Предварительным шагом обработки является преобразование форматированных файлов (*Word, PDF, HTML*) в обычный текст. На этом шаге выполняются такие операции, как определение кодировки символов и выделение текста среди прочего содержимого (отбрасываются изображения, таблицы, ссылки, элементы форматирования и т. п.).

Обработка текста выполняется в три основных этапа:

1. Выделение предложений. К тексту применяется графематический алгоритм, разбивающий его на отдельные предложения с учетом таких особенностей, как общепринятые сокращения и сокращения имен собственных.

2. Фильтрация предложений. Набор предложений фильтруется таким образом, чтобы по возможности сохранить в нем наиболее значимые (то есть соответствующие теме текста) предложения.

3. Генерация вопросов. Преобразование предложений либо в вопросы, либо в такие тестовые задания, в которых тестируемый должен заполнить пропуски.

3.1. Выделение предложений

В первом приближении предложение есть последовательность символов, заканчивающаяся на символы «.», «!» или «?», однако на практике следует учитывать возможность использования точки в качестве символа сокращения и другие нюансы [9]. В применяемом графематическом алгоритме используются предопределенные наборы общепринятых («г.», «гг.», «и т.д.») и распространенных («т.к.», «т.е.», «т.н.») сокращений, а также учитываются сокращения инициалов в именах собственных («А. С. Пушкин» и т.п.). В результате работы алгоритма получается массив предложений, которые в дальнейшем могут обрабатываться алгоритмами морфологического и синтаксического анализа.

3.2. Фильтрация предложений

Очевидно, что не каждое предложение исходного текста будет пригодно для генерации вопросов. Отсюда возникает идея фильтрации набора предложений. Процедура сокращения текстового документа с целью сохранения наиболее важных его частей называется автоматическим реферированием текста. В отрасли АОТ существует два основных подхода к автоматическому реферированию: составление выдержек (выделение характерных фрагментов — как правило, предложений) и формирование краткого изложения (аннотирование; порождение связной аннотации исходного текста). Второй подход реализуется труднее и требует применения более сложных методов лингвистического анализа. В данной задаче главной целью является удаление несущественных предложений (предложения в результате процедуры не обязательно должны составлять связный текст), поэтому целесообразно использовать первый подход.

Общий принцип составления выдержек состоит в том, что каждому предложению назначается оценка, характеризующая его важность, и в результирующий набор включаются предложения с наиболее высокими оценками. Начиная с 1950-х гг. были исследованы различные методы оценивания предложений, которые обычно применяются в сочетании: исключение коротких предложений; учет вводных конструкций (включаются предложения, содержащие слова «в заключение», «в результате» и т.п.); учет положения предложений в документе и абзаце; учет вхождений часто встречающихся терминов (путем взвешивания терминов методом TF-IDF); учет вхождений слов из заголовка текста [10].

Основные сведения о методах автореферирования применительно к данной задаче рассмотрены в [11]. В исследуемом экспериментальном

прототипе автореферирование пока не задействовано, однако на этапе генерации вопросов применяются некоторые правила, позволяющие отбирать предложения определенной структуры, например определения терминов. В дальнейшем планируется исследовать возможности доступных средств автореферирования, таких как *MEAD* и *Open Text Summarizer*.

3.3. Генерация вопросов

В современных тестирующих системах применяются вопросы и упражнения различных типов: вопросы с множественным выбором, задания на сопоставление и т. п. В качестве отправной точки в настоящей работе исследуется наиболее примитивный тип вопросов: задания на заполнение пропусков. Затем метод можно будет расширить для генерации вопросов других типов.

В разработанной системе применяются различные алгоритмы синтеза вопросов. Эти алгоритмы отличаются глубиной анализа естественного языка, и их можно разделить на две группы.

Алгоритмы первой группы осуществляют тривиальный просмотр предложения с поиском слов или конструкций определенного вида и заменяют найденную последовательность на пропуски (.....). К данной группе относятся следующие алгоритмы: поиск сокращений (аббревиатур); поиск числовых значений; поиск определений; генерация из конструкций «если ..., то ...». Эти алгоритмы наиболее просто реализуются на практике, но часто возвращают неприемлемые результаты.

Алгоритмы второй группы выполняют построение вопроса по результатам морфосинтаксического анализа предложения. Сюда относятся следующие алгоритмы: вопросы к подлежащему (*что?*, *кто?*); вопросы к прилагательным (*какой?* и т. п.); вопросы к обстоятельству места (*где?*); вопросы к обстоятельству времени (*когда?*). Эти алгоритмы требуют наличия развитого морфологического словаря и синтаксического анализатора. В экспериментальном прототипе они реализованы с помощью библиотек из проекта «Автоматическая обработка текста» (<http://www.aot.ru/>).

Для примера опишем алгоритм формирования вопроса к прилагательному. Блок-схема этого алгоритма представлена на рис. 2. В начале работы инициализируются переменные *A*, *B*, *C*: *A* — обрабатываемое предложение из массива текста; *B* — ответ на вопрос (присваивается пустая строка); *C* — готовое тестовое задание (по умолчанию равно *A*). Затем производится синтаксический анализ предложения *A*. Далее инициализируются вспомогательные переменные для работы алгоритма: *flag* = *истина* (сигнализатор найденного предложения для генерации задания), *j* = 0 (переменная цикла, номер текущего узла предложения). В переменную *K* записывается число узлов в анализируемом предложении. Затем начинается цикл с предусловием: пока *j* меньше либо равно (*K*–1) и *flag* = *истина*. В цикле последовательно разбирается каждый синтаксический узел предложения. Если в узле находится тип отношения

«свойство», то определяются грамматические характеристики зависимого слова, и, если это слово представляет собой прилагательное, то оно записывается в переменную *B*. Наконец, формируется вопрос с учетом формы прилагательного. Для закрытия цикла переменной *flag* присваивается значение *ложь*.

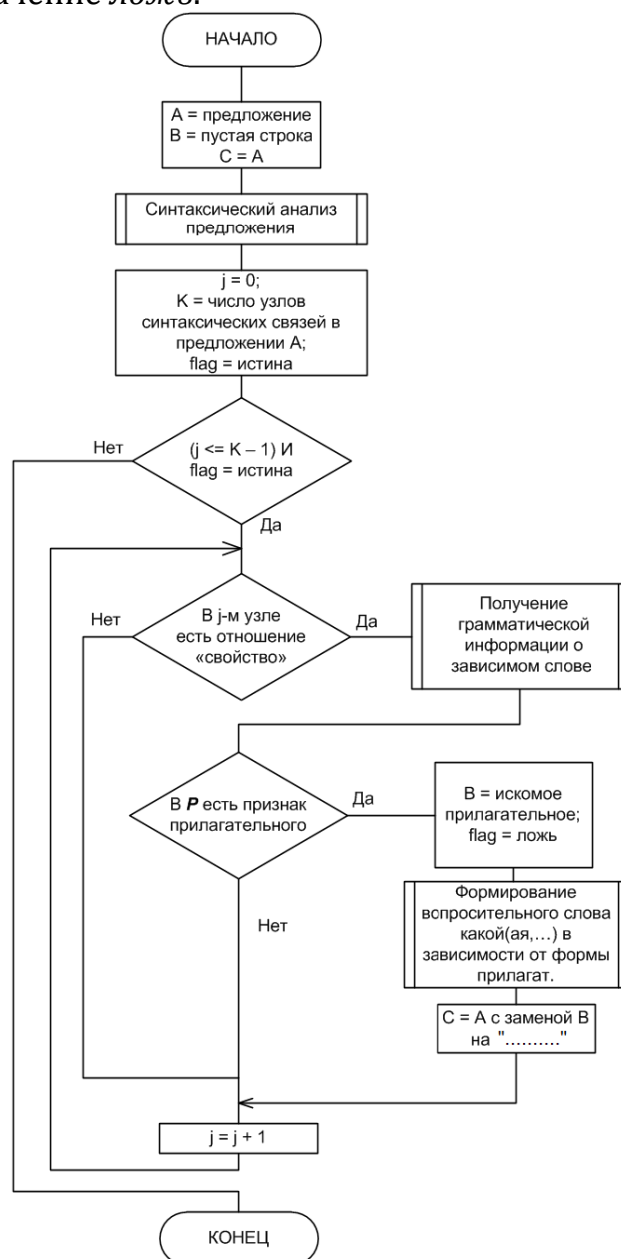


Рис. 2. Блок-схема алгоритма генерации вопросов к прилагательным

Важной проблемой, обнаруживаемой на этапе генерации вопросов, является выбор слова, к которому задается вопрос. В текущем виде система не учитывает этот фактор и генерирует вопросы ко всем возможным словам (то есть, в текущей реализации, заменяет их на пропуски). В результате преподавателю необходимо отбрасывать неподходящие вопросы вручную.

4. Примеры

Алгоритмы первой группы позволяют достаточно эффективно генерировать задания на основе определений терминов, например:

Вход: *Сеть* — это группа из двух или более компьютеров, которые предоставляют совместный доступ к своим аппаратным или программным ресурсам.

Выход: (определение) — это группа из двух или более компьютеров, которые предоставляют совместный доступ к своим аппаратным или программным ресурсам.

Система распознала предложение, содержащее определение, и заменила термин «Сеть» на пропуск. После пропуска вставлена подсказка в скобках: «определение».

В следующем примере показано, как алгоритмы первой группы обрабатывают числовые значения:

Вход: *Как известно, классическая концепция экспертных систем сложилась в 1980-х гг.*

Выход: *Как известно, классическая концепция экспертных систем сложилась в (число)-х гг.*

Система распознала предложение, содержащее число (1980), и заменила его на пропуск. После пропуска вставлена подсказка в скобках: «число». Преподаватель может отредактировать задание, удалив вводную конструкцию «Как известно» и переместив подсказку в более подходящее положение.

Далее приведен пример генерации вопросов к прилагательным (алгоритмы второй группы):

Вход: *В отличие от перцептронов рефлекторный алгоритм напрямую рассчитывает адекватную входным воздействиям реакцию интеллектуальной системы.*

Выход: *В отличие от перцептронов (какой?) алгоритм напрямую рассчитывает адекватную входным воздействиям реакцию интеллектуальной системы.*

Посредством морфосинтаксического анализа система обнаружила прилагательное «рефлекторный», заменила его пропуском и добавила подсказку с учетом формы прилагательного: «какой?».

5. Эксперименты

На данный момент проведены лишь предварительные эксперименты без применения автореферирования [12]. В экспериментах был задействован эксперт, классифицирующий вопросы по трем категориям: *пригодные, условно пригодные и непригодные.*

Метод показал достаточно полезные результаты на конкретных учебных дисциплинах. Например, в случае учебного пособия по дисциплине «Интеллектуальные информационные системы» (авт. Швецов А. Н.) с помощью алгоритмов второй группы удалось получить 40 % заданий, *пригодных* для использования в тесте без изменения, и 22,8 % *условно*

пригодных заданий, из которых можно получить пригодные задания путем редактирования (т. е. больше половины полученных заданий оказались подходящими для составления тестов при той или иной степени участия преподавателя). Алгоритмы первой группы демонстрировали высокую полезность при анализе пособий, содержащих большое количество чисел, но в иных случаях часто оказывались малоэффективными (около 15 % *пригодных* заданий).

Для оценки временной эффективности алгоритмов они были испытаны на компьютерах различной аппаратной конфигурации (от нетбука до рабочей станции на базе процессора *Core i3*). Между алгоритмами первой и второй группы наблюдалась существенная разница: вследствие более высокой сложности алгоритмов второй группы для их работы часто требуется больше времени даже в случае меньшего размера пособия. Но в целом, на всех конфигурациях генерация заданий заняла относительно малое время: не более 2 мин. на загрузку пособия и не более 40 с на генерацию заданий тем или иным алгоритмом.

В целом, по результатам испытаний был сделан вывод, что эффективность генерации заданий будет изменяться от пособия к пособию и для достижения лучших результатов необходимо усовершенствовать подход таким образом, чтобы учитывалась семантика выделяемых из текста предложений.

Заключение. Дальнейшая работа

Рассмотренный метод представляется довольно перспективным в плане облегчения работы преподавателя при составлении тестов. На его основе могут быть построены программные средства для автоматизированной генерации тестовых заданий. В данной работе рассмотрен экспериментальный прототип, генерирующий задания для СДО *Moodle* по учебным пособиям ИТ-тематики.

Согласно предварительным экспериментам, разработанная система демонстрирует достаточно хорошие результаты в определенных случаях. Однако при изучении метода обнаружены некоторые сложные проблемы, требующие дальнейшего изучения [13]:

1. Отбор пригодных заданий может быть трудоемкой задачей для преподавателя. Выявлено два основных пути увеличения доли пригодных вопросов:

- реализовать автореферирование, чтобы задания генерировались из наиболее значимых по смыслу предложений;
- разработать метод для выбора подходящих слов, к которым задается вопрос (которые заменяются пропусками). Эта задача связана с проблемой фокуса в лингвистике.

2. Для сокращения необходимости в ручном постредактировании вопросов необходимо рассмотреть следующее:

- обрабатываемые предложения могут содержать анафору. Если

система в текущей реализации сгенерирует задание из такого предложения, то преподавателю нужно будет разрешить анафору вручную (например, заменить местоимения соответствующими существительными). В компьютерной лингвистике для этой цели применяются методы автоматического разрешения анафоры;

- может быть полезно реализовать автоматическое удаление вводных конструкций при генерации заданий.

3. Задания на заполнение пропусков довольно тривиальны по сравнению с другими видами тестовых заданий. Для перехода к вопросам с множественным выбором потребуются методы генерации дистракторов.

4. Необходимо провести более обстоятельные эксперименты:

- чтобы надлежащим образом оценить долю пригодных заданий, генерируемых системой, необходимо собрать обширный корпус текстов. Предполагается задействовать учебные пособия, применяемые на кафедре информационных систем и технологий университета;
- необходимо оценить эффективность метода относительно составления заданий преподавателями вручную (с учетом временных затрат и сложности получаемых заданий). Предполагается задействовать группу экспертов, которые будут аннотировать получаемые задания по пригодности.

Эти проблемы определяют главные направления для дальнейшей работы.

Литература

1. Сергушичева А. П., Швецов А. Н. Синтез интеллектуальных тестов средствами формальной продукционной системы / Математика, компьютер, образование. Вып. 10. Ч. 1 / Под ред. Г. Ю. Ризниченко. — Москва—Ижевск: Научн.-изд. центр «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. — С. 310—320.
2. Кручинин В. В. Генераторы в компьютерных учебных программах. — Томск: изд-во Томск. ун-та, 2003. — 200 с.
3. Алсынбаева Л. Г. Система автоматизированной генерации тестовых заданий // Программные продукты и системы. 2009. № 4. 2.
4. Воронец, И. В., Швецов А. Н., Алешин В. С. Универсальная автоматизированная система тестирования знаний и самообучения, основанная на анализе естественно-языковых текстов учебных пособий / Пилотируемые полеты в космос. Сб. докл. Пятой междунаро. научн.-практ. Конф. 9—10 апреля 2003 г. — Звездный городок Моск. обл.: РГНИИЦПК, 2003. — С. 65—67.
5. Сергушичева А. П., Швецов А. Н. Гибридный подход к синтезу тестовых заданий в тестирующих системах / Математика, Компьютер, Образование: Сборник научных трудов. Выпуск 13. Том 1 / Под ред. Г. Ю. Ризниченко. Москва—Ижевск, R&C Dynamics, 2006. — С. 215—228.
6. Project LISTEN — School of Computer Science — Carnegie Mellon University. URL: <http://www.cs.cmu.edu/~listen/>.
7. Mitkov R. et al. A computer-aided environment for generating multiple-choice test items // Natural Language Engineering. 2006. 12(2): 1—18.
8. Heilman M. Automatic Factual Question Generation from Text. — Carnegie Mellon University, 2011.
9. Riley M. D. Some applications of tree-based modeling to speech and language indexing. —

- Proceedings of the DARPA Speech and Natural Language Workshop. — Stroudsburg, PA, USA, 1989. — P. 339—352.
10. Hynek J., Jezek K. A practical approach to automatic text summarization // Proceedings of the ELPUB 2003 conference. — Guimaraes, Portugal, 2003.
 11. Куртасов А. М. Возможности применения автоматического реферирования для фильтрации текста в автоматизированной системе генерации тестов из учебных пособий // Информатизация процессов формирования открытых систем на основе САПР, АСНИ, СУБД и систем искусственного интеллекта: Материалы 7-й межд. научно-техн. конф. — Вологда: ВоГТУ, 2013.
 12. Методология создания агентно-ориентированных учебных комплексов для подготовки специалистов технического профиля: отчет о НИР (промежуточ.) / Вологодский государственный технический университет; рук. Швецов А. Н. ; исполн.: Горбунов В. А. [и др.]. — М., 2011. — 175 с. — Библиогр.: с. 170—175. — № ГР 01201056386.
 13. Kurtasov A. M. A System for Generating Cloze Test Items from Russian-Language Text // Proceedings of the Student Research Workshop associated with The 9th International Conference on Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2013). — Hissar, Bulgaria, 2013.

Шабанова М.В.

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, д.п.н.,
профессор, заведующая кафедрой методики преподавания математики,
m.shabanova@narfu.ru

Системы динамической геометрии в обучении математике: проблемы и пути их решения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Системы динамической геометрии, динамические листы
визуальное мышление, стиль математического мышления,
уровень интерактивности, уровень геометрической подготовки.*

АННОТАЦИЯ:

Системы динамической геометрии (DGS) и динамические листы (Dynamic Worksheets), разработанные на их основе, завоевывают все большую популярность в математическом образовании. Они открывают дорогу исследовательскому подходу в обучении, делая доступным его применение к учащимся разного уровня геометрической подготовки. Вместе с тем многочисленные эксперименты, проведенные учеными разных стран, показывают, что применение этих программных продуктов существенно меняет модель исследовательского поведения участников образовательного процесса (учителей и учащихся). Эти изменения столь значительны, что вызывают опасения – не теряет ли математическое образование больше, чем приобретает при переходе от обучения посредством карандаша и бумаги к обучению с использованием компьютера.

В статье раскрыто содержание наиболее очевидных проблем математического образования с DGS и Dynamic Worksheets: «экспериментально-теоретический разрыв» в учебном математическом познании, проблема развития визуального мышления учащихся, проблема определения оптимального уровня интерактивности при использовании динамических листов адаптированных к возможностям учащихся. А также представлены некоторые из возможных путей решения этих проблем.

Система динамической геометрии (DGS – dynamic geometry software) – это программный продукт научного и образовательного назначения, позволяющий создавать динамические изображения математических объектов и использовать эти изображения для исследования их свойств.

Первая из таких сред Cabri Géomètre была создана во Франции в 1986 году на основе обобщения возможностей программы Cahier de B Rouillon

Informatique (по-русски, «Черновик для информатики») группой студентов под руководством Жан-Мари Лаборде. Практически сразу вслед за ней в 1989 году в США появился аналогичный программный продукт The Geometer's Sketchpad (по-русски, «Блокнот Геометра»). Его создателем стал Николас Джакей.

Первые же попытки использования этих программных продуктов в обучении математике не только продемонстрировали богатство открывшихся образовательных возможностей, но и выявили ряд проблем, которые стали предметом бурной дискуссии в математическом сообществе. В США, Канаде, Англии, Франции и ряде других стран пик обсуждения этих проблем пришелся на период между 1990 и 2000 годами. Свидетельством этого является всплеск публикационной активности, приходящийся на этот период. Не утихают эти споры и сегодня.

Что же так взволновала математическую общественность?

Во-первых, это эффекты, к появлению которых привела реализация в массовой школе идеи исследовательского обучения математике с использованием DGS и динамических листов в качестве средства проведения *разведки, эвристики и проверки гипотез*.

Эффект 1. Изменение стиля математического мышления учителей и учащихся.

В отношении учителей математики этот эффект был зафиксирован исследованиями из Израиля R. Leikin и D. Grossman [1]. Они обследовали две группы учителей (различающихся тем, что одни используют DGS в практике своей работы, а другие нет) на предмет готовности к преобразованию задач на доказательство в исследовательские. Оказалось, что подходы к оставлению задач у учителей этих групп принципиально различны. Стиль учителей первой группы можно назвать экспериментальным (они вносят изменения в данные и смотрят, к чему эти изменения приведут; цели исследования, которые они определяют нечеткие или вовсе отсутствуют). Стиль учителей второй группы можно назвать теоретическим (они анализируют взаимосвязи свойств, вносят лишь те изменения в данные, которые приведут к заранее спрогнозированным изменениям, требования составленных ими задач более четкие).

Со сходными проявлениями в изменении стиля математического мышления у учителей мы столкнулись и в своих исследованиях, работая с учителями пилотных площадок проекта «Методики и информационные технологии в образовании (MITE)». Мы предложили группе учителей весьма простую серию задач на нахождение геометрического места точек: «Найти внутри а) ромба; б) параллелограмма; в) равнобедренной трапеции; г) дельтоида точки сумма расстояний от которых до прямых, содержащих стороны этого четырехугольника, наименьшая». Мы попросили учителей решать эту задачу без использования DGS. Однако, поиск, который они проводили, даже в простейших ситуациях (ромба и параллелограмма) был

экспериментальным. Они ставили точки и проводили перпендикуляры, чтобы увидеть, как зависят их длины от места положения точек. Получив нужный результат, они не делали попыток обосновать его теоретически, а переходили к решению следующей части задачи, где все повторялось.

Постановка перед учащимися экспериментальных классов той же серии задач показала, что у большинства из них также преобладает тяга к экспериментальной поисковой деятельности. Лишь один из испытуемых сразу заявил об устойчивости суммы расстояний, по отношению к положению точки внутри параллелограмма (и ромба, как его разновидности). При этом он ссылаясь на теоретический факт (равенства длин перпендикуляров, заключенных между параллельными прямыми), а не на экспериментальные пробы.

Такое влияние DGS может привести к тому, что выпускники школ утратят способность к применению таких важных составляющих стиля математического мышления как эвристик теоретического поиска: как анализ в форме расчленения, восходящий анализ, аналитико-синтетический метод, метод аналогии и т.п. [2, 3, 4, 5].

Эффект 2. Отказ учащихся и учителей от обращения к дедуктивному доказательству как к методу обоснования теоретических положений школьного курса математики из-за высокой степени убедительности наглядных демонстраций, создаваемых средствами DGS. Появление этого эффекта связано с целым комплексом причин, сопутствующих введению DGS. В Российской системе образования это: сокращение учебного времени, отводимого на изучение математики в школе, перенос акцентов в обучении доказательствам в школе с освоения системологии науки на развитие способности к ведению дискуссии, к оценке правдоподобия получаемой информации; снижение требования к строгости решения задач с развернутым ответом с ЕГЭ и ГИА по математике. За рубежом – это приоритет культурологический подхода в обучении геометрии, низкий уровень учебной мотивации большинства учащихся государственных школ.

Это явление не прошло незамеченным в западных системах образования. Для того, чтобы урегулировать вопрос соотношения дедуктивных методов и компьютерных экспериментов в обучении математике в стандарты школьной математики, утверждаемые национальным советом учителей математики США и Канады в 2000 году были внесены соответствующие дополнения. Аналогичная мера была предпринята годом раньше и департаментом образования и занятости Великобритании. Этими документами сегодня зафиксирована обязательность обучения доказательству на всех уровнях математического образования. Перенесен акцент с реализации дедуктивными методами функции установления истинности утверждений, на реализацию других функций: объяснение, систематизация, вывод новых утверждений, демонстрация связей утверждений, построение теорий, коммуникации и др.

Сформулированы требования к результатам обучения математике на второй ступени:

«Учащиеся должны уметь:

- признавать рассуждения и доказательства, как фундаментальные аспекты математики;
- формулировать и исследовать математические гипотезы;
- выдвигать и оценивать математические аргументы и строить доказательства;
- выбирать и использовать различные типы мышления и методы доказательства» [6].

Ученые отреагировали на возникновение данной ситуации разработкой методик использования DGS в качестве средства обучения доказательству. Описание одной из таких методик мы нашли в статье испанских ученых R. Marrades и A. Gutierrez [7]. Ее суть состоит в использовании деятельности в DGS как мотивационной основы обращения к дедуктивным методам:

- постановка перед учащимися задач на построение в DGS и исследование, которые не могут быть решены без обращения к теоретическим фактам;

- постановка перед учащимися исследовательских задач, компьютерное решение которых приводит учащихся к различным результатам;

- предъявление к учащимся требований обосновывать правильность построений, объяснять экспериментально установленные факты.

Знаниевую основу обучения доказательствам при этом составлял электронный каталог «Принятых результатов», который учащиеся дополняли в ходе обучения и к которому они обращались при проведении дедуктивных рассуждений.

Экспериментальная апробация данной методики осуществлялась в математических классах. Авторами было признано, что 30 часовой период обучения с 2 уроками в неделю не достаточен для формирования умений доказывать даже для учащихся с хорошим уровнем математической подготовки. Обучение доказательству это длительный процесс, особенно при переносе методики в массовую школу.

Предлагаемый нами подход по идейным основам во многом сходен с подходом, который предложен испанскими учеными. Однако он ориентирован на массовую школу и согласован с логикой изучения программного материала курса геометрии основной школы. Так же как и испанские коллеги, мы предлагаем начать с предоставления учащимся права использовать контрольные компьютерные эксперименты как методы оправдания (предварительной проверки) выдвинутых гипотез. Но, это период мы ограничивает изучением первой темы курса геометрии основной школы «Начальные геометрические сведения». В этот период

необходимо особо обращать внимания учащихся на ситуации, когда результаты эксперимента вступают в противоречие с очевидными фактами из-за наличия погрешностей в измерении, неадекватной работы динамической модель, ошибок в ее создании. Изучение тем «Треугольники», «Параллельные прямые» и «Соотношения между сторонами и углами треугольника» создают условия для введения требований логического контроля правильности построения динамического чертежа, так как его создание опирается на правила построения циркулем и линейкой. Обоснование этих правил включено в содержание данных тем. Задача второго этапа – не только формирование привычки подкреплять свои конструктивные действия ссылкой на положения теории, но и накапливать представления о механизмах взаимосвязи свойств, которые пока имеют смысл причинно-следственных, а не логических. В содержание этих тем входят также теоремы о существовании и единственности, конструктивное доказательство которых может быть использовано в качестве мотива отказа (пока для некоторых случаев) от подтверждения фактов компьютерным экспериментов. Динамические листы, созданные средствами DGS, являются хорошим подспорьем для овладения техникой дедуктивных доказательств. Они позволяют визуализировать процесс умозаключений в том случае, если он предполагает проведение мысленных экспериментов, реконструкцию образов, признание тех или иных наборов элементов чертежа как значимых для осуществления логического шага.

Эффект 3. Утрата навыков визуального мышления при постоянном обращении к динамическим листам с готовыми чертежами как к средству постановки и сопровождения решения задач.

Термин «визуальное мышление» был введен в научный оборот американским психологом Рудольфом Арнхеймом в 1969 году [8], для обозначения невербального (не языкового) мышления, в которое состоит в управляемом получении информации от зрительных каналов восприятия. Ему удалось существенно расширить научные представления об участии образов в познании, показав существенность различий между понятиями «смотреть» и «видеть». Он раскрыл особенности визуальных (зрительных) операций мышления тем самым положил начало новому направлению в исследовании образов, объясняющем, в частности, такие феномены как «геометрическое видение» и «интуиция». К числу наиболее значимых для процесса познания визуальных операций мышления он относит: подбор зрительных образов, варьирование их структуры, перекодирование, оценка и переоценка значимости свойств образов; выявление скрытых составляющих образов. Очень часто динамические листы используются в качестве уникального средства, облегчающего учащимся геометрическое видение. Особенно часто такое использованием они находят при обучении стереометрии. В отношении такого использования DGS сложились две [9], [10]:

- привлечение DGS к учебному процессу столь же вредно для развития воображения и визуального мышления, как и использование калькуляторов для формирования у них вычислительных навыков;

- DGS является уникальным средством активизации и развития компонентов визуального мышления, существенно обогащает спектр эвристик, доступных учащимся.

В целях снижения опасности проявления данного эффекта в практике учебной работы необходимо снижать, насколько это возможно, частоту использования готовых динамических изображений, так как сама деятельность по их созданию обладает развивающим эффектом. Этот эффект может быть еще и усилен за счет постановки развивающих задач решаемых средствами DGS, а также использования в обучении математике методов решения задач, основанных на преобразовании образов («выход в пространство», «метод проекций», «метод вспомогательных построений», «метод геометрических преобразований» и т.п.).

Эффект 4. Утрата процессом обучения с использованием DGS своего главного преимущества – исследовательского характера при замене работы DGS работой с динамическими листами, адаптированными к уровню компьютерной и математической подготовки учащихся.

Одним из терминов, которые наиболее часто используются на практике для обозначения систем динамической геометрии, является термин «интерактивная геометрическая среда». Его использование призвано подчеркнуть, что программные продукты этого класса обладают уникальными возможностями для обеспечения активного взаимодействия пользователя с контентом (т.е. наивысшим исследовательским уровнем интерактивности по шкале А.В.Осина [11]). Ориентируясь на принятую шкалу интерактивности, мы классифицировали динамические листы, используемые в практике учебной работы (таблица 1).

Таблица 1. Классификация ЭОР, разработанных на основе DGS по уровням интерактивности

Виды ЭОР, разработанные на основе DGS	Доступные средства взаимодействия с программой	Уровни интерактивности пользователя (по расширенной классификации А.В. Осина)
Анимированные изображения	Средства запуска/остановки	0 уровень – пассивные формы деятельности (наблюдение контента)
Линейные манипуляторы	Средства линейной навигации по контенту: ползунок, флажок.	1 уровень – условно-пассивные формы деятельности (определение продолжительности наблюдения элементов контента, выбор значимых элементов).
Нелинейные манипуляторы	Средства нелинейной навигации по контенту: набор ползунков, флажков,	2 уровень – активные формы деятельности (3D навигация, нелинейная навигация, множественный выбор, масштабирование, изменение угла,

	активных клавиш.	точки зрения).
Апплеты	Ограниченный набор инструментов среды, невозможность экспорта и импорта элементов контента.	3 уровень – деятельностные формы (имитация свободы действий пользователя в выборе целей, планирования и осуществления деятельности с predetermined результатом проявления этой свободы за счет ограниченности условий осуществления деятельности)
Динамические чертежи – заготовки	Контент среды, дополненный готовой исследовательской моделью	4.1 уровень – исследовательские формы деятельности, ограниченные свойствами предложенной виртуальной модели
Система динамической геометрии	Контент среды	4.2 уровень – исследовательские формы деятельности без ограничений.

Эту классификацию мы использовали для проведения анализа комплектов ЭОР, предлагаемых различными авторами (таблица 2). Его результаты показывают, что практически никто из них не предполагает предоставления учащимся возможности использования самих систем динамической геометрии в качестве инструмента учебной деятельности.

Таблица 2. Результаты анализа коллекций ЭОР, предлагаемых разными авторами для поддержки изучения курса геометрии 7-9 по учебнику Л.С. Атанасяна.

Коллекции ЭОР	Уровни интерактивности					
	0	1	2	3	4.1	4.2
И.С.Храповицкий	+	+	+	-	-	-
В.Н.Дубровский	-	-	-	+	-	-
В.И.Рыжик	+	+	+	+	+	-
Дистанционные курсы Центра образования «Технологии образования»	+	+	+	-	-	-
Т.Ф.Сергеева и др.	+	-	-	+	+	+

Такие ограничения они объясняют необходимостью снижения временных затрат, связанных с освоением самого программного продукта, а также тем, что построение собственных динамических чертежей доступно не всем учащимся из-за недостаточного уровня геометрической подготовки. Эти доводы неоспоримы, однако нельзя забывать того, что использование в учебном процессе динамических листов низкого уровня интерактивности нивелирует саму идею создания DGS. Нам видится, что правильнее было бы решать вопрос не о выработке единых требований к уровню интерактивности динамических листов, а о предоставлении участникам образовательного процесса права самостоятельно принимать решение, о том, какое средство им использовать в той или иной ситуации.

При этом, конечно потребуются разработки рекомендаций по постепенному переводу учащихся на обучение с использованием средств более высокого уровня интерактивности, по мере роста уровня их компетентности.

В нашей стране острота обсуждения представленных в статье проблем только нарастает. Пока участниками подобных дискуссий являются лишь члены исследовательских групп, занимающихся разработкой концептуальных основ применения DGS («Математический конструктор», «Живая математика», «GeoGebra») для реализации требования ФГОС общего образования [12]. Введение их в действие не за горами. Тогда представленные нами проблемы будут касаться всех участников образовательного процесса: работников учреждений управления образованием, авторов учебно-методических комплексов по математике, учителей, учащихся и их родителей. Хотелось бы, подойти к этому моменту уже подготовленными, вооруженными знаниями об условиях и способах эффективного использования этого мощного программного продукта. Для этого очень важно не только заниматься совершенствованием самих DGS, но и вносить соответствующие изменения в содержание обучения математике, особенно в те учебные материалы, которые должны представить учащимся образцы математической деятельности.

Решение этой задачи осложнено тем, что в математическом сообществе пока не сложилось единого взгляда условия привлечения информационных технологий к научной деятельности (Вавилов Н.А. [13], Матиясевич Ю.В.[14]).

Литература

1. R.Leikin, D.Grossman Teachers modify geometry problems: from proof to investigation // Educ. Stud. Math. 82, No. 3, 515-531 (2013)
2. Д.Пойя Как решать задачу. Пособие для учителей/ Пер. с англ. В.Звонарёвой и Д.Белла; Под ред. Ю.Гайдука. — Изд. 2-е. — М.: Учпедгиз, 1961. — 207 с.
3. Д.Пойя Математика и правдоподобные рассуждения/ пер. с англ. И.А.Вайнштейна – М.Наука, 1975 – 464 с.
4. Д.Пойя Математическое открытие/ Пер. с англ. Бермана В.С. М. Наука. 1970г. 452с
5. Фридман Л.М., Турецкий Е.Н. Как научиться решать задачи. – М.: Просвещение, 1989. – 192 с
6. Principles and standards for school mathematics, NCTM, 2000[электр. ресурс, точка доступа: <http://mathforum.org/nctm.standards.2000/>, проверено 30.10.13]
7. Marrades, R., Gutierrez, A. Proofs produced by secondary school students learning geometry in a dynamic computer environment/ International Journal of Computers for Mathematical Learning, 6, 257–281. (2000).
8. Arnheim R. Visual thinking. Berkley: Univ. of California Press, 1969
9. Straesser, R. Cabri-géomètre: Does Dynamic Geometry software (DGS) change geometry and its teaching and learning?// International Journal of Computers for Mathematical Learning, 2001, № 6, 319-333.
10. Parzysz, B. "Knowing" vs. "seeing": Problems of the plane representation of space geometry figures // Educational Studies in Mathematics, 1988, № 19(1), 79-92
11. Осин А.В. Открытые образовательные модульные мультимедиа системы – Москва: Агентство "Издательский сервис", 2010. – 328 с
12. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [электр. ресурс, точка доступа: <http://standart.edu.ru/>].

13. Вавилов Н.А. Что доказывает математическое доказательство?// Доклад на совместном заседании Санкт-Петербургского математического общества и секции математики Дома ученых 23 марта 2010 года [электр. ресурс, <http://www.mathnet.ru/>].
14. Матиясевич Ю.В. Математическое доказательство: вчера, сегодня, завтра //Стенограмма содоклада, сделанного на совместном заседании Санкт-Петербургского математического общества и секции математики Дома ученых 23 марта 2010 года [электр. ресурс, <http://www.mathnet.ru/>].

Зеленко Л.С.¹, Шумская Е.А.²

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени акад. С.П.Королева (национальный исследовательский университет) к.т.н., доцент кафедры программных систем, LZelenko@rambler.ru

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени акад. С.П.Королева (национальный исследовательский университет) магистрант кафедры программных систем, kate-beauty@mail.ru

Применение инструментальных средств управления электронным образовательным контентом систем дистанционного обучения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Инструментальные средства разработки, электронный образовательный контент, управление, дистанционное обучение.

АННОТАЦИЯ:

В докладе рассматриваются вопросы, связанные с разработкой инструментальных средств, которые позволят автоматизировать процесс создания электронных образовательных контентов для систем дистанционного обучения кафедры и университета, снизят трудоемкость и объем работ, выполняемых разработчиками курсов.

Введение

Совершенствование образовательного процесса, повышение качества обучения и квалификации специалистов, которых готовит вуз, невозможно без активного использования электронных информационных ресурсов, без применения инновационных педагогических технологий, к числу которых можно отнести и технологии дистанционного обучения. Применение информационных и телекоммуникационных технологий в реализации инновационных проектов в сфере образования позволяет обеспечить качественную основу для подготовки специалистов высокой квалификации [1]. Разработка современных интерактивных образовательных контентов, использующих последние достижения в области информационных технологий, требует от разработчиков серьезных затрат и представляет большие трудности, особенно если они не являются специалистами в области компьютерных технологий. Поэтому задача разработки инструментальных средств управления электронным образовательным контентом для систем дистанционного обучения является *актуальной*. Использование единых аппаратно-программных, инструментальных и методических средств, форматов и правил информационного обмена и представления учебного материала позволит создать информационно-методический фундамент системы электронного дистанционного

образования кафедры и вуза в целом.

Применение систем тестирования в процессе обучения

Важнейшим аспектом любой образовательной деятельности является контроль уровня знаний, поэтому в состав любой образовательной программы включают системы тестирования. Актуальность таких систем очевидна не только для целей измерения уровня подготовленности, но и для проведения рейтинга обучаемых, мониторинга учебного процесса, для организации адаптивного обучения, дистанционного образования. Высокая степень формализации и унификации процедуры тестирования, возможность одновременного проведения тестирования на нескольких компьютерах, а также возможность организации дистанционного тестирования посредством локальной вычислительной сети либо через глобальную информационную сеть Интернет предопределили всеобщий интерес к подобному способу оценивания знаний.

Актуальность тестового метода обусловлена его преимуществами перед другими педагогическими методами:

- технологичность тестовых методов;
- точность измерений;
- наличие единообразных требований для всех испытуемых;
- совместимость тестовых технологий с другими современными образовательными технологиями.

Уровень знаний обучаемых является латентным параметром (то есть недоступным для непосредственного измерения), для получения его значения необходимо использовать современные научные методы составления тестов и статистический анализ результатов тестирования.

Исходя из необходимости повышения эффективности учебного процесса и из возможности применения современных информационных телекоммуникационных технологий, наиболее перспективным и целесообразным представляется автоматизация процесса тестирования.

Преимущества электронного тестирования при дистанционном обучении

При дистанционном обучении роль тестовой аттестации возрастает, поскольку тест является единственно возможным средством проверки знаний обучаемых, территориально удаленных от образовательного учреждения.

Важнейшим достоинством электронного тестирования является возможность моделирования тестовых заданий (их последовательности, вариативности и даже самих условий) на основе заданного алгоритма. К другим достоинствам следует отнести: оперативность при подведении итогов и их опубликовании; беспристрастность оценок; меньшую трудоемкость при редакции тестов; простоту и экономичность их тиражирования; возможность осуществления самоконтроля;

дистанционное взаимодействие с обучающимся с учетом индивидуального выбора времени и места.

Применение Интернет-технологий в электронном тестировании не просто расширяет «географические» рамки, но, прежде всего, представляет дополнительный инструментарий оценки взаимодействия с обучающимся. Электронное интернет-тестирование позволяет автоматически обобщить ряд характеристик доступа и локального рабочего места обучающегося (включая как характеристики аппаратного и программного обеспечения, используемого для подключения к Интернет, так и вспомогательных ресурсов (если они задействуются обучающимся на том же самом рабочем месте, с которого осуществляется доступ к программе Интернет-тестирования)).

Необходимость разработки инструментальных средств

В настоящее время существует большое количество систем тестирования, использующие разные подходы к оцениванию знаний и виды тестов. Многие современные системы дистанционного обучения построены с использованием системы управления обучением LMS Moodle, в состав которой входит подсистема тестирования, которая очень гибко конфигурируется в зависимости от поставленной задачи и позволяет представить конечный тест практически в любом желаемом виде.

В настоящее время на кафедре программных систем СГАУ на базе LMS Moodle разработаны две системы электронного дистанционного обучения (СЭДО), которые обеспечивают поддержку очного обучения студентов с использованием «смешанно-дистанционного» обучения (Blended Distance Learning):

1. для самой кафедры, которая ведет подготовку по нескольким направлениям и специальностям («Фундаментальная информатика и информационные технологии», «Информатика и вычислительная техника», «Автоматизированные системы обработки информации и управления»). Главная страница сайта приведена на рис. 1;

2. для Школы информатики СГАУ, которая призвана всесторонне подготовить школьников к сдаче ЕГЭ по информатике и дать более глубокие знания по программированию тем школьникам, которые планируют поступать на специальности, связанные с информационными технологиями. Главная страница сайта приведена на рис. 2.

На кафедре в течение нескольких лет был создан большой банк тестовых заданий по разным учебным дисциплинам. Все дидактические материалы, собранные преподавателями кафедры (в том числе и тестовые задания), были представлены в формате MS Word, имели унифицированный шаблон, удобный для работы при использовании «бумажных» технологий. Внедрение на кафедре СЭДО поставило перед разработчиками задачу – автоматизировать процесс переноса лекционных материалов и тестовых заданий из формата MS Word в базу данных LMS Moodle, развернутую на удалённом сервере.



Рис. 1. Главная страница сайта дистанционного обучения кафедры программных систем СГАУ



Рис. 2. Главная страница сайта дистанционного обучения школы информатики СГАУ

Процесс создание тестовых заданий в LMS Moodle в ручном режиме достаточно трудоемок и требует от разработчика курса (преподавателя) определенных навыков работы с системой тестирования, которая обладает очень широкими возможностями. Разработанные инструментальные средства существенно облегчают работу преподавателя.

Программные средства разработки

В число программных средств, выбранных для разработки инструментальных средств управления контентом, входят следующие среды и технологии:

- среда разработки Microsoft Visual Studio 2010 и язык программирования C# 4.0;

- технология доступа к данным Microsoft ADO.NET;
- официальные библиотеки MySQL для C# .NET.

Структура инструментальных средств

Как уже говорилось, основной формой оценки уровня подготовленности обучаемых является тест, который может включать в себя вопросы различного типа (в закрытой форме, короткий ответ, числовой, на соответствие и т.д.). Варианты ответа могут быть представлены либо в текстовом формате, либо в виде изображения; кроме того, иллюстрацией может быть снабжен сам вопрос. Для загрузки тестовых заданий (вопросов) авторами был разработан конвертер, структура которого представлена на рис. 3.

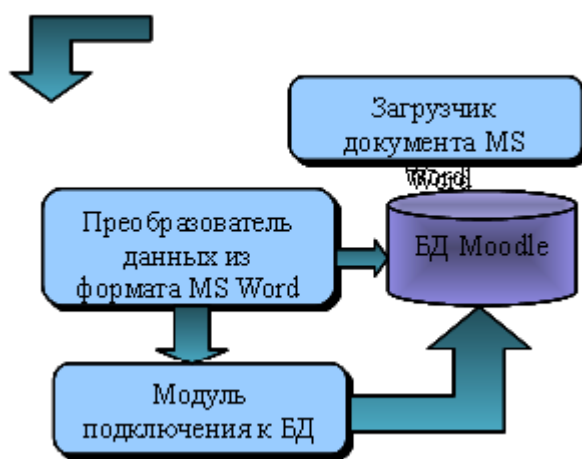


Рис. 3. Структура конвертера тестовых заданий

Последовательность действий пользователя при работе с конвертером очень проста:

- необходимо выполнить настройку для соединения с удаленной базой данных (БД) LMS Moodle (имя БД, пароли для доступа к ней) и задать параметры конвертирования (имя файла, необходимость создания категорий ответов и имя папки для картинок);
- загрузить документ(ы) формата MS Word.

После этого конвертер осуществит разбор вопросов заданного формата в структуру данных программы, сохранит взятые из документа Word изображения в указанную пользователем папку, а затем осуществит запись данных непосредственно в базу и настроит связи между таблицами. После этого преподаватель может составить произвольный тест из вопросов, хранящихся в БД.

Основной частью контента СЭДО является учебный курс – совокупность текстовых и иллюстрационных материалов, сгруппированных по тематическим признакам. Структура курса имеет древовидную форму: корень дерева распадается на темы, состоящие из лекций и тестов; лекции разбиваются на параграфы, каждый из которых может обладать иллюстрациями.

За разработку структуры учебного курса и его внутреннее оформление отвечает преподаватель, он имеет возможность загрузить учебный (лекционный) материал из файла MS Word, который должен иметь определенный формат (для форматирования текста должны быть использованы заранее predetermined стили). Схема взаимодействия пользователя с СЭДО посредством инструментальных средств приведена на рис. 4.



Рис. 4. Схема взаимодействия пользователя с инструментальными средствами

Инструментальное средство для загрузки учебного контента представляет собой Windows-приложение, с помощью которого преподаватель загружает исходный документ. Программа анализирует структуру документа, преобразует его в формат HTML, используя технологию COM (Component Object Model), а затем формирует архив, содержащий HTML-файл и папку с изображениями, которые были найдены в тексте. После этого архив загружается на сервер, где из него извлекаются полученные данные, еще раз анализируются на корректность, и записываются в БД.

Заключение

В заключение хотелось бы отметить, что применение инструментальных средств позволяет существенно сократить время, затрачиваемое преподавателем на формирование учебного контента и управление его содержимым.

В числе перспектив дальнейшего развития следует упомянуть разработку инструментального средства для загрузки самих тестов и настройки их прохождения, с помощью которого преподаватель сможет конкретные тесты по заданной теме, не обращаясь к банку данных СЭДО.

Литература

1. Концепции создания и развития единой системы дистанционного образования в России [Электронный ресурс] – URL: http://www.e-joe.ru/sod/97/2_97/st064.html.

Лавров Е. А.¹, Барченко Н.Л.²

¹ Сумский государственный университет, профессор, prof.lavrov@mail.ru

² Сумский национальный аграрный университет, ассистент, surock@mail.ru

Эргономика электронного обучения. Подход к моделированию элементов человеко-машинного взаимодействия в обучающих средах

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Электронное обучение, моделирование в обучающих средах, человеко-машинный интерфейс.

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрен подход к нейро-нечёткому моделированию человеко-машинного взаимодействия в обучающих системах. Модель удобна для формирования исходных данных о качестве учебно-познавательной деятельности при работе с электронным модулем, которые необходимы для обеспечения исходными данными функциональной сети, моделирующей диалог в системе "студент - обучающая среда".

1. Введение. Актуальной задачей эргономического проектирования человеко-машинных систем (ЧМС) является создание программного обеспечения, позволяющего получать значения показателей качества и надёжности функционирования на основании параметров обучаемого и среды, и формулировать выводы о причинах таких значений. Ранее нами была рассмотрена проблема подготовки и хранения исходных данных для оценки алгоритмов деятельности [1]. В работе [2] предложена нейро-функциональная модель процесса обучения, позволяющая учитывать влияние состояния среды и характеристик оператора на дальнейшее продолжение процесса.

Человек-оператор представляет собой сложный нелинейный объект, не все его характеристики могут быть измерены количественно. Некоторые характеристики могут быть определены только приблизительно (высокое утомление, плохая память, хорошая подготовка), что приводит к определённым сложностям для математических расчетов и использовании существующих моделей.

Сложный характер процессов человеко-машинного взаимодействия, неоднозначность и неполнота исходной информации являются аргументами в пользу создания модели на базе нечеткой логики.

2. Постановка задачи

Структуру диалога представляем с помощью функциональных сетей (ФС) [3]. Существует проблема с исходными данными, которая обостряется

необходимостью учёта индивидуальных особенностей пользователя. В тоже время существует ряд работ [4, 5], которые позволяют с помощью методов DataMining обрабатывать имеющуюся информацию.

Цель работы – разработка подхода к обработке экспериментальных данных, касающихся качества работы обучаемых в системе «человек-компьютер» в масштабах одного учебного модуля с целью дальнейшего их использования в качестве исходных данных, которые подаются на вход ФС [2].

При моделировании процесса учебной деятельности в системе «человек-компьютер» на базе нечёткой логики сформулируем задачу следующим образом: разработать алгоритм принятия решения, позволяющий фиксированному вектору входных переменных

$$X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^* \rangle, \quad x_i^* \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$$

поставить в соответствие решение

$$Y = \langle y_1, y_2, \dots, y_n \rangle, \quad y \in [\underline{y}, \overline{y}]$$

где X^* – множество параметров процесса учебной деятельности, $x_i^* \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$, $i = \overline{1, n}$ – диапазоны количественного изменения каждой входной переменной, Y – множество показателей качества функционирования системы «человек-компьютер», $y \in [\underline{y}, \overline{y}]$ – диапазоны количественного изменения каждой выходной переменной.

3. Результаты

3.1. Анализ входных и выходных параметров. Человек (обучаемый), находящийся во взаимодействии с компьютером обладает рядом существенных для его деятельности характеристик: психофизиологических, когнитивных, характеристик реализации типовых действий, имеет некоторый опыт и свою систему целей и предпочтений.

Согласно концепции квалиметрического проектирования человеко-машинных систем (ЧМС) [3], примем следующие показатели качества: математическое ожидание времени выполнения операции, дисперсия времени выполнения, вероятность безошибочного выполнения и вероятность отказа от операции.

3.2. Аprobация подхода к моделированию показателей качества. Авторы поставили перед собой цель в данной работе проверить работоспособность идеи на конкретных данных, полученных в результате накопления статистических данных в АСУ «Учебный процесс» [6]. Моделирование проводилось по аналогии с моделями, описанными в [4, 5]. Поскольку учёт полного количества факторов ограничивается рамками данного материала, рассмотрим задачу на демонстрационном примере.

3.3. Нечеткая идентификация в системе MATLAB

Для создания модели использовался пакет прикладных программ

Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB 6.1, который содержит набор GUI-модулей, обеспечивающих проведение этапа структурной идентификации в диалоговом режиме. На этом этапе пользователь выбирает количество входов и выходов модели, задает количество термов и типы функций принадлежности, формирует базу знаний.

Важными вопросами при создании нечеткой модели обучения является определение лингвистических термов в части предпосылок нечетких правил «ЕСЛИ-ТО» базы знаний и непосредственно формулировка правил базы знаний, полностью отражающих влияние изменения вектора входов X на выход Y .

На выходе имеем: *вероятность безошибочного выполнения контрольных процедур (y_1) и вероятность отказа пользователя от работы (y_2).*

При определении y_1 и y_2 будем учитывать следующие факторы :

Компьютер	Человек
Тип представления информации (x_1)	Когнитивный тип (z_1)
Эргономичность рабочего места (x_2)	Мотивация (z_2)
Тип диалога (x_3)	Уровень подготовки (z_3)

Для оценки переменных зададим следующие терм-множества:

$X_1 = \{\text{текст (1), аудио (2), видео (3)}\}$.

$X_2 = \{\text{низкая (Н), средняя (С), высокая (В)}\}$.

$X_3 = \{\text{объяснительно-иллюстративный (1), репродуктивный (2), проблемно-поисковый (3), исследовательский (4)}\}$.

$Z_1 = \{\text{низкая (Н), средняя (С), вышесредней (вС), высокая (В)}\}$.

$Z_1 = \{\text{низкая (Н), средняя (С), высокая (В)}\}$.

В качестве нечеткого аппроксиматора используем систему нечеткого логического вывода типа Сугено [5] (рис.1).

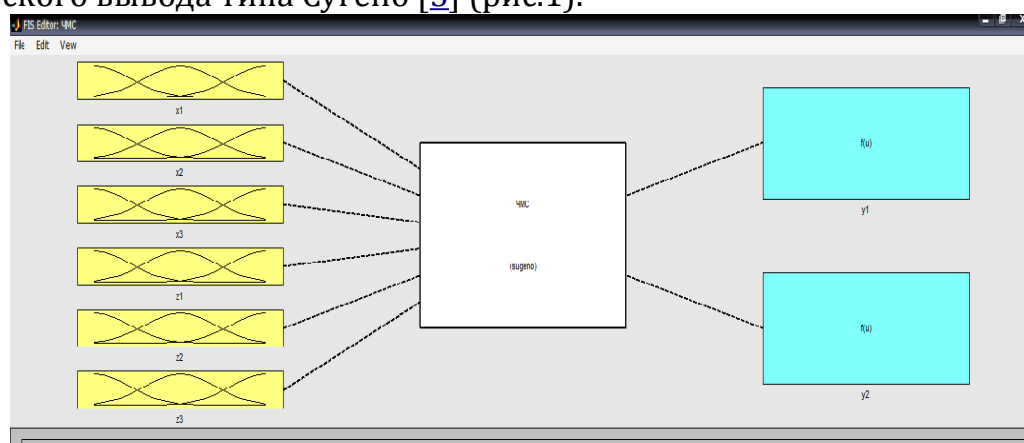


Рис. 1. Система нечеткого логического вывода типа Сугено

В табл. 1 предлагается фрагмент нечеткой базы знаний типа Сугено для моделирования процесса обучения.

Таблица1. Фрагмент нечеткой базы знаний модели типа Сугэно

X1	X2	X3	Z1	Z2	Z3	Y1	Y2
текст	высокий	репродуктивный	вербал	высокий	высокий	высокий	низкий
аудио	высокий	репродуктивный	аудиал	высокий	высокий	высокий	низкий
текст	средний	репродуктивный	визуал	высокий	средний	средний	средний
аудио	средний	иллюстративный	вербал	средний	низкий	низкий	высокий

На начальном этапе проектирования классифицирующей модели для задания функций принадлежности вектора входов X выбираются гладкие, дифференцируемые функции. Пример с гауссовой функцией принадлежности для терма «средний», Z-образной формы для терма «низкий» и S-образной формы для терма «высокий» показан на рис. 2.

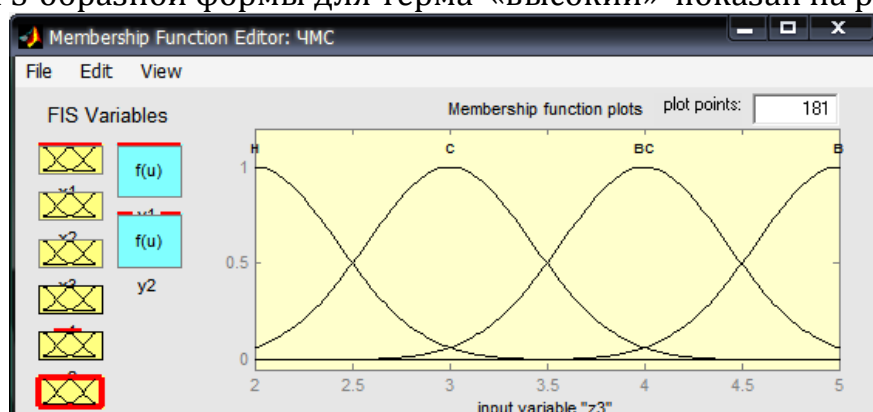


Рис. 2. Функции принадлежности для переменной z3 (уровень подготовки)

Запишем правила нечёткого вывода согласно таблицы 1

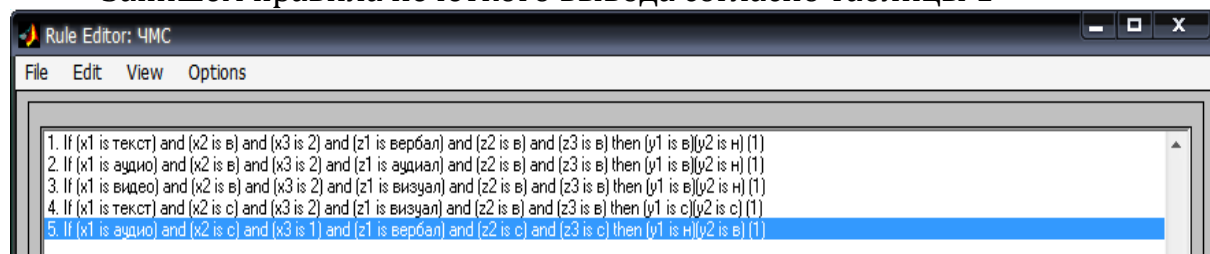


Рис. 3. Нечеткая база знаний для системы типа Сугэно

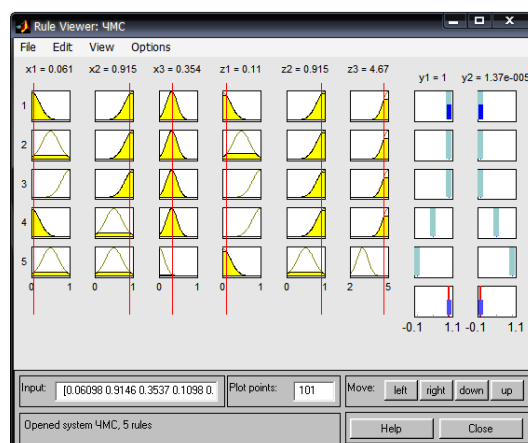


Рис. 4. Нечеткая база знаний для системы типа Сугэно

На рис. 4 приведено окно визуализации нечеткого логического

вывода. Как видно из этого рисунка значение выходной переменной рассчитывается как среднее взвешенное значение результатов вывода по каждому правилу.

На рис. 5 приведена поверхность “входы-выход”, соответствующая синтезированной нечеткой системе.

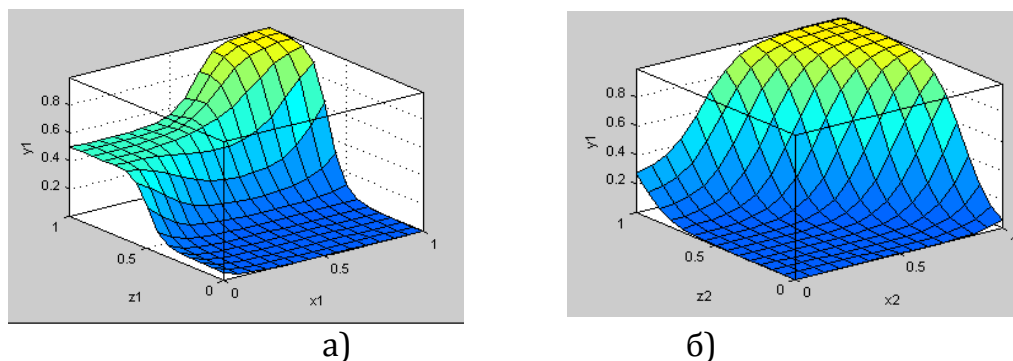


Рис. 5 Поверхность “входы-выход” (а - зависимость вероятности безошибочного выполнения контрольных процедур (y_1) от переменных когнитивный тип (z_1) и тип представления информации (x_1); б - зависимость вероятности безошибочного выполнения контрольных процедур (y_1) от переменных эргономичность рабочего места (x_2) и мотивация (z_2)).

Модель построена на основе только экспертных знаний, поэтому возможны несовпадения результатов нечеткого вывода (теория) с экспериментальными данными. Для обеспечения достоверных результатов необходимо провести параметрическую идентификацию нечеткой модели по экспериментальным данным.

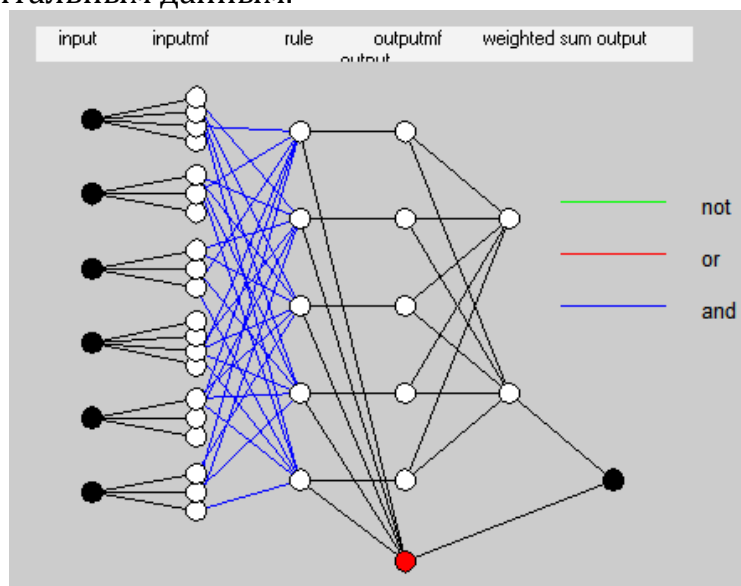


Рис. 6. Нейро-нечеткая сеть ANFIS

Настройка нечеткой модели типа Сугэно может проводиться как в командном режиме с помощью функции `anfis`, так и в диалоговом режиме с использованием GUI-модуля `anfisedit`. Настройка выполняется с использованием технологии ANFIS (Adaptive Network-based Fuzzy Inference

System) — одного из первых методов построения нейро-нечетких систем для аппроксимации функций, предложенного Янгом в 1991 году. Настройка представляет собой итерационную процедуру нахождения параметров функций принадлежности, которые минимизируют расхождения между действительным и желаемым поведением модели.

Для обучения нечеткой модели экспериментальные данные сформированы в выборку, которая представляет собой совокупность пар:

$$\langle x_1, x_2, x_3, z_1, z_2, z_3 - y_1, y_2 \rangle.$$

Структура полученной адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS, аппроксимирующей выход, показана на рис. 6.

Выводы. Метод нейро-нечеткого моделирования человеко-машинного взаимодействия, основанный на создании аппроксимирующих моделей, позволяет прогнозировать результаты учебно-познавательной деятельности в системе электронного обучения.

Аппроксимирующую модель удобно представлять нейро-нечеткой сетью ANFIS.

Исходные данные, используемые для обучения и настройки сети, формируются на основании данных, которые накапливаются в базах данных АСУ "Университет", или методом формирования групп экспертов.

Метод может быть использован для создания экспертных систем, систем поддержки принятия решений в обучении.

Технология является базовой для обеспечения исходными данными модели диалога и может быть эффективно использована в системе интеллектуальных агентов.

Литература

1. Lavrov E., Barchenko N., Pasko N. Conception of Neural-Functional networks for Human-Machine Interaction modelling// Materials International Scientific Conference "UNITECH '07" is organized by the Technical University of Gabrovo under the motto, 23-24 November 2007, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House "V.APRILOV", 2007. - Т. 3. - P.p 183-185
2. Lavrov E., Pasko N., Barchenko N. Intelligencee Data Analysis for the Ergonomic Planning of the Human-Machine Systems// Materials International Scientific Conference "UNITECH '06" is organized by the Technical University of Gabrovo under the motto, 24-25 November 2006, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House "V.APRILOV", 2006. - Т. 1. - P.p. 437-441.
3. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / под общ. ред. А.И.Губинского и В.Г.Евграфова.- М.: Машиностроение, 1993-528 с.
4. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. - Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. - 320 с.
5. Штовба С.Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB // Exponenta Pro: Математика в приложениях.- 2003.- №2.- С.9-15.
6. Лавров Е.А., Клименко А.В. Компьютеризация управления вузом.- Сумы: «Довкілля», 2005. 301 с.

Нурбеков Б.Ж., Нурбекова Ж.К.

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева (ЕНУ), профессор,
г.Астана, Казахстан, b_zh_nur@mail.ru

О Концепции развития e-Learning в высших учебных заведениях

АННОТАЦИЯ:

В данной статье рассмотрено современное состояние электронного обучения, определены основные подходы и пути развития электронного обучения. Предлагается концепция развития электронного обучения в вузе на примере вузов Республики Казахстан.

В настоящее время информационно-коммуникационные технологии применяются как в системе дистанционного обучения, так и в традиционных университетах. Связанное с этим устранение грани между традиционным и дистанционным обучением (т.е. их интеграция) предполагает целостный подход к обучению. Термин «e-Learning» является обобщением ряда терминологических понятий в сфере применения информационных и коммуникационных технологий в образовании.

На Западе получил широкое распространение термин e-Learning, как процесс обучения в электронной форме через сеть Интернет или Интранет с использованием систем управления обучением [1].

e-Learning связано с внедрением видео, аудио, мультимедиа технологии и их различных комбинации.

По поводу организации обучения с применением средств информатизации в американских вузах профессор Мел Мучник (Governor State University, Чикаго, США) отмечает, что «фактически выработался новый раздел педагогики, и в сегодняшней практике преподавания классная комната приобрела свойство абсолютной географической распределенности на тысячи миль. Если говорить о США в целом, то темпы развития систем электронного обучения очень высоки, хотя они и отличаются в различных университетах и даже на факультетах внутри одного учебного заведения...» [2].

Важность исследований в области e-Learning для улучшения качества и увеличения доступности обучения отмечено и в других работах. Одной из основных тенденций, является внедрение специальных мобильных устройств для обучения с применением средств информатизации (некоторые специалисты употребляют термин **mobile learning** или **m-learning**) [3].

Обучение с помощью портативных устройств с беспроводными интерфейсами имеют свои отличительные характеристики. Следует сказать, что наряду с принципом «обучение в любом удобном месте в любое

удобное время», при мобильном обучении мы имеем дело с некоторыми ограничениями. Например, ограниченные возможности по воспроизведению графики, нестабильная работа коммуникаций. Поэтому программные средства управления обучением должны отслеживать связь с обучающим ресурсом и позволять работать эффективно и в случае отсутствия доступа к учебному ресурсу. А также необходимо учитывать удобство получения информации с маленького экрана, как структурирование учебного материала и динамическое их продвижение.

Накапливающий опыт и методы требуют систематизации, которая в свою очередь формирует новое направление педагогики.

А.В.Соловов отмечает, что «в странах Северной Америки и Западной Европы аналоги термина (Electronic Learning, Electronic Tutoring или сокращенные E-learning, E-tutoring) в последние годы применяются очень широко. Они интегрируют ряд терминологических понятий в сфере применения современных ИКТ (Информационных и Коммуникационных Технологий) в образовании, таких как мультимедиа, обучение на основе web-технологий, онлайн-обучение и т.п. Постепенно эти термины вытесняют термин Distance Learning - аналог широко известного и модного ныне в России термина «Дистанционное обучение (ДО)». Связано это с применением ИКТ в современных системах ДО и с широким внедрением технологий ДО в традиционных университетах. Таким образом, стираются грани между обучением на расстоянии и непосредственно внутри университетских кампусов. И эту интеграцию дистанционной и традиционной организации учебного процесса более адекватно отражает термин «Электронное обучение» [4].

“Электронное обучение – более широкое понятие, означающее разные формы и способы обучения на основе информационных и коммуникационных технологий” [5].

Исследователями, специалистами из FedEx, Hilton Group, Nestle, Xerox, Siemens Communications, Deloitte, PricewaterhouseCoopers [6] после опроса сотрудников 16 крупных компаний Европы, Ближнего Востока и Африки были указаны преимущества обучения с применением средств информатизации, и основной мотивацией обращения к «e-Learning» большинства респондентов (34%) является повышение компетентности.

Множество проектов по мобильному обучению показывает, что мобильное обучение (m-Learning) позволяет полноценно реализовать потенциал обучения с применением средств информатизации.

Для разработки и внедрения электронного обучения используют программные продукты следующих видов [7]:

- средства разработки учебного контента (Authoring Tool);
- система управления обучением (Learnig Management System);
- система обмена информацией;
- система управления контентом/учебным порталом.

Технологические средства обучения с применением средств информатизации можно классифицировать следующим образом.

1. Аппаратные средства и программное обеспечение мультимедиа и Интернет/Инtranет.

Они позволяют готовить компоненты электронных учебных материалов, сканировать информационное пространство Интернет, осуществлять индивидуальное оперативное общение, проводить электронные форумы, видеоконференции, вести коллективную работу над проектами.

2. Инструментальные программные средства подготовки средств электронных обучения.

Отдельные электронные составляющие средств электронных обучения конструируются в учебные мультимедиа комплексы с помощью специальных инструментальных систем. Они же позволяют готовить упражнения для интерактивного тренинга и контроля знаний. Дидактический интерфейс сегодня требует подготовки мультимедиа комплексов, ориентированных на кроссплатформенность реализации.

Известны инструментальные средства такие, как Director 8 Shockwave Studio (<http://www.macromedia.com>), HyperStudio (<http://www.hyperstudio.com>), ToolBook II (<http://www.click2learn.com>) и другие.

3. Информационные системы управления учебным процессом.

В настоящее время существуют такие сетевые программные системы управления учебным процессом, как Learning Space (<http://www.lotus.com/learningspace>), Top Class (<http://www.wbtsystems.com>), WebCT (www.webct.com), ИОС ОО (www.openet.ru) и др. Эти системы интегрируют основные функции организации обучения с применением средств информатизации - регистрацию обучающихся, поддержку самостоятельной учебной работы, организацию индивидуального и группового взаимодействия обучающихся и преподавателей, промежуточное и итоговое тестирование и ряд других функций, поддерживающих, прежде всего, дистанционные формы организации учебного процесса.

Основной проблемой обучения с применением средств информатизации является создание и эффективное использование информационно-образовательной среды на основе информационно-коммуникационных технологий.

Для обеспечения устойчивого развития электронного обучения в учебных заведениях необходимо изучить сущность электронного обучения и систематизировать работу по реализации электронного обучения.

Концепция развития и внедрения E-Learning в вузе определяет систему взглядов, понимания сущности электронного обучения, внедрению системы электронного обучения и процесса информатизации образования, совокупность принципов, направления развития и способы решения

поставленных задач в рамках системы образования.

Концепция развития и внедрения E-Learning обеспечивает широкое развитие системы образования в области E-Learning за счет использования соответствующих технологий.

Цель Концепции заключается в повышении эффективности обучения, а также в соблюдений академических требований для субъектов образовательного процесса для достижения запланированного результата обучения.

Ключом к достижению этой цели будет:

- содействие и обеспечение принятия преподавателями на себя инициативы в разработке и поставке электронного обучения /e-learning;
- обеспечение необходимыми ресурсами для реализации Концепции, как на уровне учебного заведения, регионов, так и центральном уровне;
- использование он-лайн, компьютерных методов оценки, которые являются надежной, безопасной и эффективной в процессе обучения, и могут в целом поддерживать процесс обучения и оценку успеваемости учащихся;
- обеспечение надежной и интуитивно управляемой среды электронного обучения;
- решение кадрового вопроса в области электронного обучения как на исполнительском уровне, так и на административно управленческом уровне;
- сделать национальные университеты центрами передового опыта в области электронного обучения;
- поддержка научно-практических исследований по электронному обучению и расширению имеющихся электронных средств для обеспечения научно-обоснованной виртуальной среды обучения.

Концепция E-Learning

Для поддержания высокого уровня образования в соответствии с мировыми тенденциями развития современной цивилизации, как становление постиндустриального общества, глобализация и интернационализация образования, необходимо опираться на соответствующие новаторские методы преподавания и обучения, использование лучших методов осуществления образовательной программы.

Эффективное управление учебным процессом оказывает непосредственную пользу в производительности процесса обучения, помогая творчески работающим педагогам, активных сотрудникам сбалансировать свою нагрузку.

В **дидактическом плане** определяются следующие наиболее важные проблемы обучения электронного обучения:

- организация *полноценного информационного взаимодействия* между субъектами образовательного процесса;
- выявление *особенностей информационно-коммуникационной предметной среды* при электронном обучении;
- обеспечение *эффективной учебной деятельности субъектов процесса обучения* с применением средств информатизации.

Эффективность обучения зависит от индивидуального стиля обучения, характеризующий оптимальный для студента механизм восприятия учебного материала. В связи с этим, обеспечение эффективной учебной деятельности подразумевает, прежде всего, организацию самостоятельной когнитивной деятельности обучающихся, организацию индивидуальной поддержки учебной деятельности каждого учащегося преподавателями и организацию совместной учебной работы обучающихся над проектами.

Концепция электронного обучения направлена на решение указанных проблем и принимает в качестве основы Государственную программу развития образования в Республики Казахстан на 2011-2020.

Принципы стратегии электронного обучения

Следующие принципы следует поддерживать тех в областях образования в учебных заведениях, преподавании и обучении, там, где это уместно.

1- Принцип. Оптимизация образовательного опыта учащихся:

1. Обеспечение личностно-ориентированного обучения и поддержка процесса обучения.

2. Реализация соответствующего и устойчивого использования электронного обучения в интегрированном виде и смешанном обучении.

3. Обеспечение эффективного и действенного формирования знаний и итоговой оценки посредством электронного обучения.

4. Обеспечение того, чтобы обучающиеся регулярно имели прогресс обучения и в процессе обучения обеспечивали обратную связь с обучающимися.

5. Поощрение самостоятельного обучения и поддержки со стороны сверстников.

6. Обеспечение достаточно гибкой системы электронного обучения, чтобы удовлетворить потребности обучающихся из различных слоев населения.

2- Принцип. Обеспечение максимальной эффективности и действенности всех четырех аспектов электронного обучения:

1. Доставка средств и услуг электронного обучения;

2. Связь при электронном обучении;

3. Администрирование и управление процессом электронного обучения;

4. Оценка учебных достижений обучающихся и эффективности

процесса обучения.

3- Принцип. Расширение научно-исследовательской деятельности:

1. Создании национального центра для исследований в области использования электронное обучения и инновационной практики.

2. Поддержка исследований активных сотрудников в эффективном управлении своим временем, особенно за счет использования эффективных административных инструментов, так что и их преподавание и научные исследования будут самого высокого качества.

3. Поддержка исследований сотрудников по оптимизации своих возможностей для предоставления высококачественных преподавания и научных исследований.

Для соблюдения вышепоставленных принципов, необходимо достижение следующих целей:

1. Реализация управляемой среды e-Learning, которая обеспечивает единую точку доступа для субъектов образовательного процесса (сотрудников, обучающихся и родителей) к целому ряду электронных инструментов и приложений, включая виртуальные среды обучения.

2. Достижение расширенной интеграции и координации различных структурных подразделений учебных заведений на региональном и центральном уровне, которые в настоящее время поддерживают преподавание и обучение, с конкретной целью улучшения координации действий в области развития электронного обучения.

3. Содействие и обеспечение принятия преподавателями на себя инициативы в деле включения электронного обучения в существующий процесс преподавания и обучения.

4. Ввод в действие соответствующей и устойчивой инфраструктуры поддержки электронного обучения как в учебных заведениях, так и на каждом уровне системы образования.

5. Обеспечение высокого качества соответствующих средств и ресурсов электронные обучения.

6. Обеспечение доступности электронного обучения для всех студентов независимо от их индивидуальных особенностей.

7. Содействие гибкости и распределенности обучения.

8. Поддержка общих исследований с электронными инструментами, а также проведение научных исследований в электронном обучении.

9. Поощрение национального и международного сотрудничества и кооперации в области электронного обучения.

10. Обеспечение качества электронного обучения: влияния на качество обучения обучающихся и полноценной оценки их опыта.

Основные направления развития электронного обучения

- создание Нормативной базы электронного обучения;
- развитие национальной инфраструктуры электронного обучения в виде виртуально управляемой и интуитивно доступной среды личностно-

ориентированного обучения на основе кроссплатформенной информационной системы с распределенной «живой» базой данных, интегрированной с системой электронного правительства e-Gov;

- усиление составляющей системы электронного обучения для обучающихся, имеющих физические ограничения по состоянию здоровья;
- становление научно-педагогически обоснованной системы образования в электронном формате;
- повышение качества образования независимо от географии (местонахождения) и вида образовательных учреждений;
- обеспечение кадрами отрасли электронного обучения, как нового сегмента услуг (подготовка педагогов-технологов, тьюторов, специалистов по педагогическому дизайну, дизайнеров цифрового образовательного контента и т.д.)

Механизм реализации

Механизм реализации определяет меры, необходимые для достижения каждой из указанных целей.

Успешное выполнение этих действий зависит выделения соответствующих ресурсов, т.е. своевременного финансирования и соответствующего компетентного персонала.

Для осуществления реализации электронного обучения необходимо на региональном уровне пересмотреть существующую структуру и состав академического персонала, участвующий во внедрении и развитии электронного обучения с пересмотром должностных обязанностей сотрудников.

На центральном уровне необходимо организация работы по общенациональному контролю за качеством образования и развитию карьеры по электронному обучению. Необходима организация системы интегративной сертификации (в области методической системы электронного обучения (цели, содержания, методы, средства и формы организации электронного обучения, технических (программные и технические инструменты) и технологических (педагогический дизайн и способы доставки образовательного контента) персонала, работающих в сфере электронного обучения.

Координационный орган, имеющий в составе представителей педагогической общественности, государства, бизнеса и общества, разрабатывает и координирует мероприятия по реализации Концепции по следующей схеме:

1. Разработка плана мероприятий по реализации концепции;
2. Распределение ответственности и выделение ресурсов;
3. Обеспечение финансирования в рамках Республиканского бюджета;
4. Создание системы мониторинга за развитием электронного обучения;
5. Работа по реализации плана мероприятий;

6. Формирование отчета руководству страны по созданию и развитию Национальной системы электронного обучения;
7. Общественное обсуждение работ и корректировка плана действий.

Литература

1. Информационный бюллетень «Обучение с применением средств информатизации»
//<http://www.amr.ru/>
2. e-Learning в университетах США. Интервью и перевод А.Печенкина./e-Learning World. Мир обучения с применением средств информатизации. – 2004. – № 3. – С. 76-77.
3. Boungiorno e-Learning! Интервью и перевод А.Печенкина./e-Learning World. Мир обучения с применением средств информатизации. – 2004. – № 3. – С. 74-75.
4. Соловов А.В. Дидактика и технология обучения с применением средств информатизации в системе Кадис/ Сборник статей "Индустрия образования". Выпуск 6. – М.: МГиУ, 2002. – С. 54-64.
5. Крюкова О.П., Смольникова И.В. Обучение с применением средств информатизации: разработка, проблемы, перспективы.// <http://www.informika.ru/>
6. e-Learning – опыт компаний./e-Learning World. Мир обучения с применением средств информатизации. – 2004. – № 3. – С. 76-77.
7. Корольков А. "Обучение с применением средств информатизации – история, технологии, эффективность. // <http://www.biz-education.ru>.

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

Ионов Ю.Г.¹, Смирнов М.Ю.²

¹ Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), кафедра Проблемы управления, д. т. н., профессор, yuionov@gmail.com

² Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), кафедра Проблемы управления, ассистент

Об образовательных ресурсах и технологии обучения студентов основам программирования роботов

Для современного технического профессионального образования важно на ранних стадиях образования развивать у студентов универсальные навыки практической деятельности к проведению комплексных теоретико-экспериментальных исследований по разработке средств автоматизации промышленного оборудования. На примере направлений подготовки 221000 – “Мехатроника и робототехника” и 220400 – “Управление в технических системах” рассмотрим некоторые особенности и дидактические характеристики процесса обучения студентов основам программирования. Они обычно определяются следующим рядом факторов:

- характер решаемых задач;
- язык и среда программирования, а также среда отладки программ;
- технология тестирования и форма представления результатов работы программы;
- время, отведенное на изучение основ программирования.

По учебному плану МГТУ МИРЭА в первом и втором семестре студенты бакалавриата ориентированы на решение учебных задач вычислительного характера, простейших задач логики, графики и управления. При этом в рамках дисциплины «Информатика» задачи выбираются в основном из предметной области по специальности. Обучение основам программирования начинается с алгоритмизации решения задач и освоения основ структурного программирования, а также языка *Си*, как наиболее детально ориентированного на типовые и не типовые структуры алгоритмов. Обучение объектно-ориентированному программированию на языке *C++* (или *C#*) реализуется позже на 2-м или 3-м курсе в соответствии с учебным планом.

Си – язык профессионалов, наиболее часто используемый в микропроцессорных системах (контроллерах) для управления роботами и вообще мехатронными системами. *C++* (*C#*) – языки, которые в сравнении с *Си* дают существенно большую степень мобильности при разработке, например интерфейса оператора, виртуальных моделей объектов и пространств и других сложных приложений.

При разработке программ в некоторой интегрированной среде программирования, например *Visual C++*, создаваемые студентами

программы обязательно тестируются для постоянных или варьируемых исходных данных. Результат работы созданной программы чаще представляется в виде видеоинформации. Он отображается на экране монитора в виде числа (-л), или (и) массива чисел, или графика, рисунка, или таблицы, или текста, а также может озвучиваться, т.е. отображаться в виде аудиоинформации. Известно, что при одновременном воздействии аудио- и видео- информации на органы слуха и зрения достигается максимальный эффект ее восприятия. Эффект может быть существенно усилен, если при отображении результатов работы (тестирования) программы использовать средства визуализации изменения состояния программируемого процесса (объекта).

Соответствующая технология реализована нами с использованием учебного робототехнического комплекса (УРТК). Управление манипуляционным роботом УРТК осуществляется в ручном или автоматическом режиме с помощью аппаратно-программных средств системы управления с применением микропроцессорной системы и персонального компьютера (ПК). Важно, что этот комплекс является типичной в области автоматизации аппаратно- программной системой. Технология создания программного обеспечения УРТК также в основном типовая для робототехники. Поэтому обучение программированию в условиях, приближенных к реальным, на примере программирования УРТК, является исключительно плодотворным.

Отметим, что при разработке концепции преподавания информатики на кафедре учитывалось содержание школьного образования в области информатики согласно ГОС, а также общие дидактические принципы формирования содержания курса информатики в средней школе. Опыт обучения студентов основам программирования с применением средств УРТК на этапе отладки и тестирования разрабатываемых программ, показал:

- дисциплина “Информатика” стала весьма тесно связанной с другими дисциплинами, например “Введение в специальность”, преподаваемой в 1-м семестре, а также дисциплинами, изучаемыми во 2-м и более поздних семестрах. Так, например, на 3-м курсе изучается дисциплина “Компьютерное управление в РТС”, где в лабораторном практикуме также используется УРТК. Благодаря междисциплинарному взаимодействию расширился класс решаемых студентами задач и осваиваемых технологий с применением разрабатываемых программ;
- студенты приобретают знания, умения и навыки решения реальных задач, понимая место информатики в выбранной профессии. Это стимулирует интерес студентов и к компьютерным технологиям;
- этапы создания программ для системы управления (СУ) УРТК реализуются в следующей последовательности: кодирование

алгоритма на *Cu*, компилирование исходного кода, устранение синтаксических ошибок, загрузка программы в ПК СУ УРТК, тестирование программы и оценка ее качества, устранение обнаруженных семантических ошибок при повторении описанной последовательности действий. Если в программе ошибок не обнаружено, то с ее помощью выполняется демонстрация движений (других действий) УРТК.

Важно подчеркнуть, что в процессе создания таких программ студент 1-го курса осваивает новые для себя понятия, но базовые в программировании, такие как “сопряжение ЭВМ с внешним оборудованием”, “обмен данными по параллельному (последовательному) интерфейсу”, “формат данных и протокол обмена”, “формирование байтов записи в регистр”, “формирование байтов чтения из регистра” и др.

Использование УРТК в лабораторном практикуме существенно повышает эффективность учебного процесса, ориентирует его не только на теоретическое обучение программированию, но и на практическое обучение. При этом формируется целостное дидактическое построение целей и предметного содержания занятий (чему учить), методов обучения студентов (как учить), используемых средств обучения (при помощи каких средств учить), форм обучения (традиционных аудиторных и (или) современных дистанционных), приемов диагностики достижения поставленных целей обучения (каковы результаты обучения). Но платой за эту модель обучения становится увеличение затрат на материально-техническое обеспечение, так как при использовании УРТК большим потоком студентов нагрузка на стенд весьма велика, что приводит к частым отказам оборудования и увеличению затрат на обслуживание.

Эта проблема может быть разрешена с помощью виртуальной робототехники [1]. В данном случае разрешение достигается благодаря созданному нами симулятору УРТК. При практическом использовании симулятора все этапы создания программ для виртуальной СУ УРТК реализуются в той же последовательности, что и для реальной СУ УРТК. Симулятор позволил применить технологии обучения непосредственно не связанные с реальными устройствами и с работой только в лаборатории. Но результат здесь тот же: готовая для использования программа, которая работает как в программной среде симулятора, так и в программной среде реального УРТК. В то же время мы считаем, что окончательное тестирование созданной с помощью симулятора программы целесообразно выполнять на реальном УРТК. Использование разработанной программы на реальном оборудовании усиливает эффект ощущения студентом своей значимости, повышает интерес к программированию.

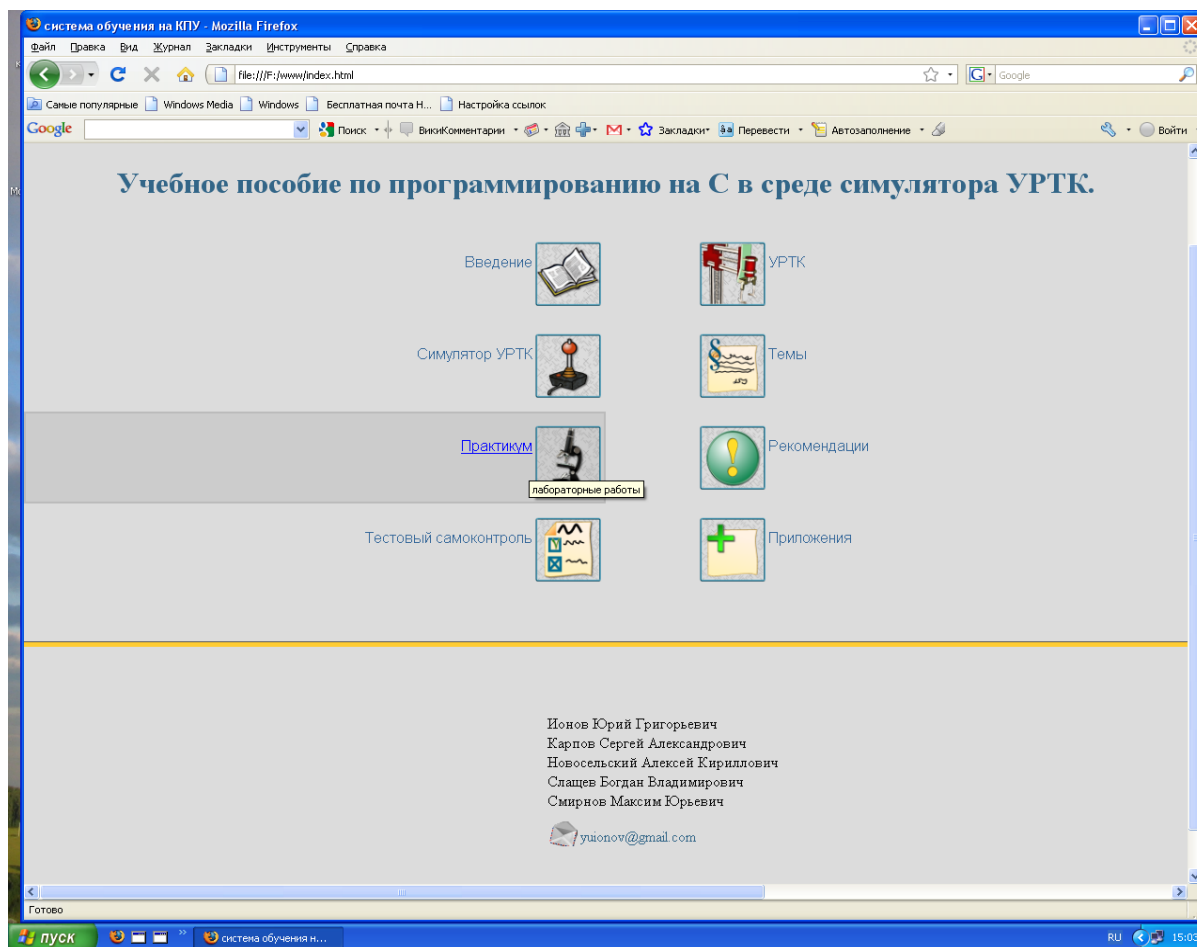


Рис.1. Первая страница учебного пособия, иллюстрирующая его структуру

Методическое обеспечение занятий в рамках лабораторного практикума реализовано с помощью разработанного нами интерактивного электронного учебного пособия “Программирование на C в среде симулятора УРТК”. Содержание описываемого ниже пособия¹⁴ соответствует концепции обеспечения самостоятельных занятий по программированию, которые могут быть реализованы студентами не только в лаборатории на реальном УРТК, но и в среде симулятора вне лаборатории. Интерфейс программы – электронной версии пособия показан на рис.1. Учебный материал пособия размещен в 6 основных разделах: УРТК, симулятор УРТК, темы лекционного курса, лабораторный практикум, рекомендации, тестовый самоконтроль. В приложении размещен файл, содержащий программный комплекс - симулятор УРТК. Учебное пособие размещено на созданном нами сайте с системой дистанционного обучения www.cpd-sdo.ru.

В каждой лабораторной работе определена тема, цель работы, время выполнения работы, задание и порядок ее выполнения, требования к отчету.

¹⁴В разработке мультимедиа версии пособия принимали участие студенты гр. КС-1-08 Карпов С.А., Новосельский А.К., Слащев Б.В.

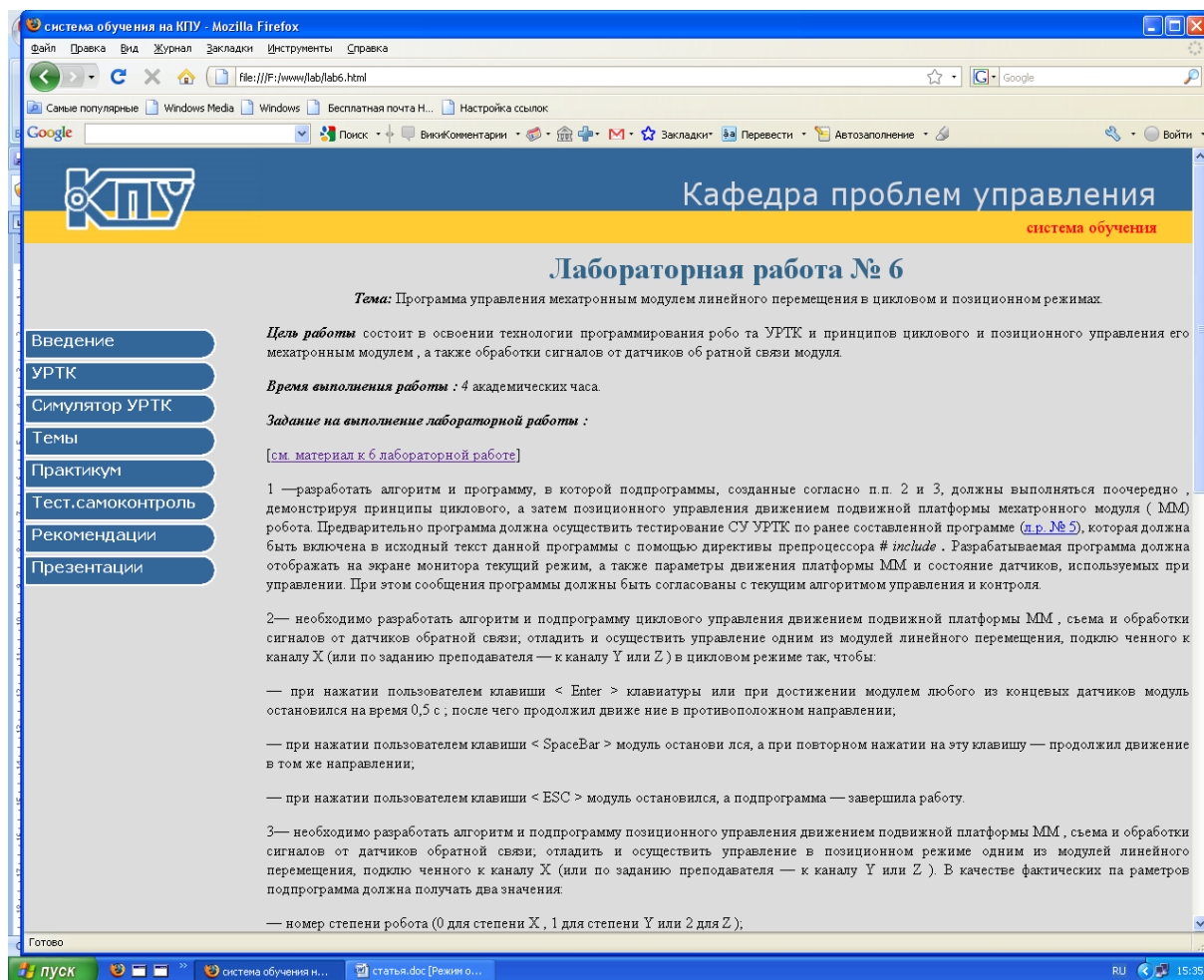


Рис.2. Интерактивная страница Практикума

На каждую работу требуется 4 часа времени, включая время контроля готовности студентов к работе в лаборатории, ее окончательное оформление и защиту выполненной работы по представленному отчету. Предусмотрен тестовый самоконтроль понимания содержания как теоретического материала, так и материала конкретной лабораторной работы. Темы лабораторных работ в практикуме: изучение устройства и принципа действия объекта программирования – робота УРТК; основы технологии программирования функций управления и контроля состояния мехатронных модулей робота УРТК; программа записи байта в регистр системы управления УРТК; программа чтения байта из регистра системы управления УРТК; программа тестирования процедур записи и чтения байта в регистр системы управления роботом УРТК; программа управления мехатронным модулем линейного перемещения в цикловом и позиционном режимах; программа согласованного управления роботом УРТК по нескольким степеням подвижности в позиционном режиме. Фрагмент описания одной из лабораторных работ приведен на рис.2 в том виде, в каком оно дано в электронном пособии.

Освоив по пособию технологию решения задач на симуляторе в

пределах соответствующего раздела, студент в состоянии самостоятельно выполнить задание к соответствующей лабораторной работе как в среде симулятора, так и в среде, используемой системой управления УРТК.

Теоретический материал в пособии представлен 12-ю темами (см. рис.3), по каждой из которых даны дополнительные материалы в виде презентаций, а также тест.

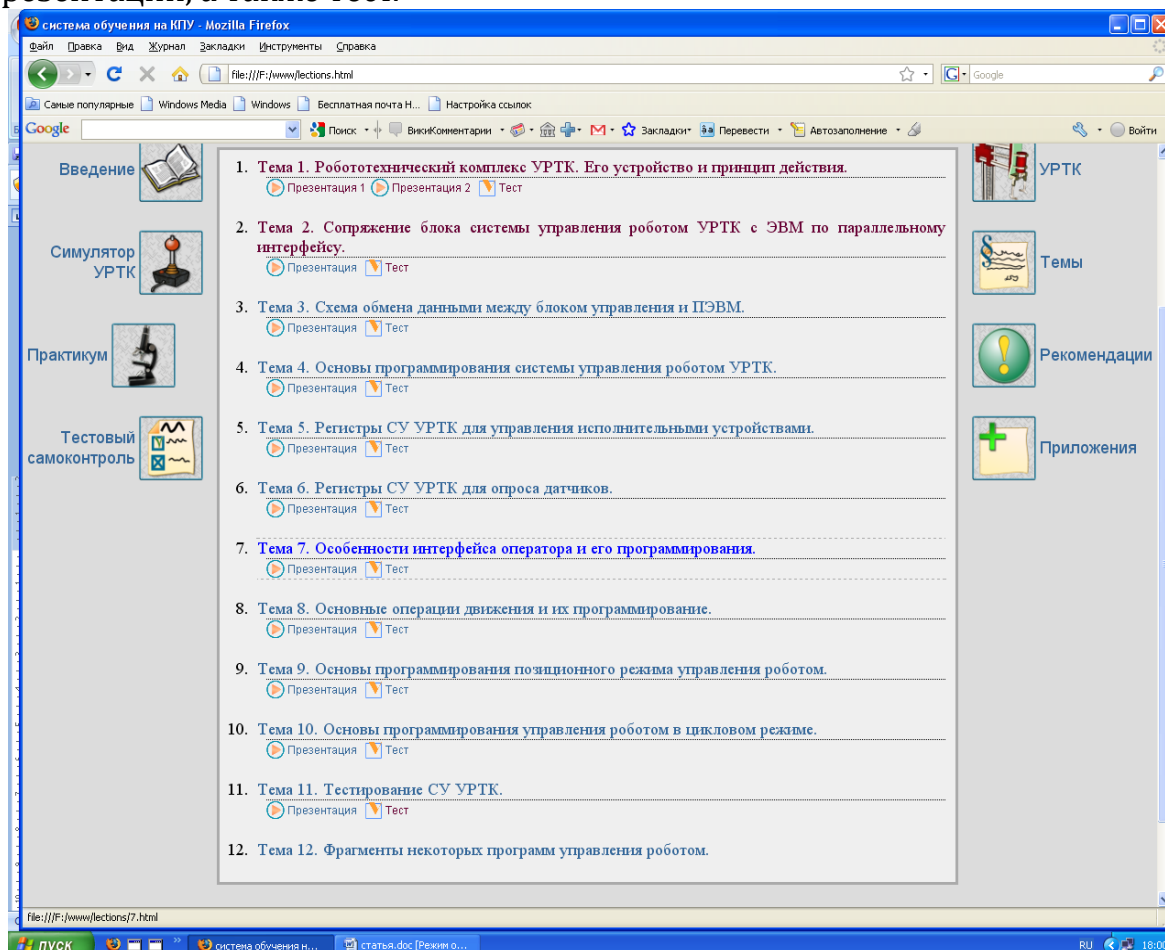


Рис.3. Иллюстрация страницы пособия с перечнем тем

Учебное пособие предназначено как студентам для обеспечения их самостоятельной работы, так и преподавателям. Что касается преподавателя, то при использовании на занятиях УРТК и его симулятора, он не зависит от проблем обслуживания оборудования и доступа к нему студентов. Важно, чтобы преподаватель, ведущий занятия, в полной мере владел содержанием методических указаний и организационно – техническими мероприятиями, которые относятся к подготовке лабораторных работ, их проведению, к консультациям, контролю хода выполнения самостоятельных работ, а также работ за компьютером во время лабораторного практикума на УРТК. Путем контроля самостоятельной работы студентов он должен обеспечить подготовку студентов к выполнению лабораторных работ. При этом не исключается чтение лекций, для чего могут быть использованы презентации по темам

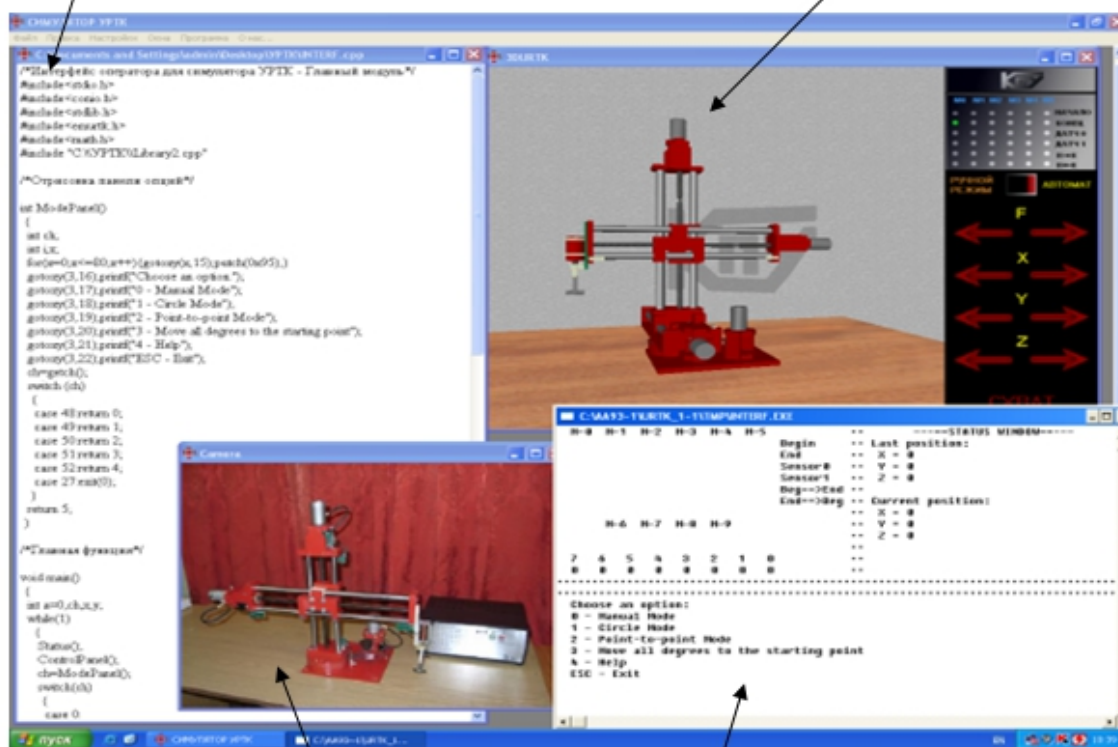
практикума, ссылки на которые размещены на той же странице, где указан перечень тем.

По лабораторному практикуму изданы методические указания [2], что позволяет использовать при выполнении лабораторных работ как печатную, так и электронную версию учебных материалов.

В заключении на рис.4 для иллюстрации интерфейсной части программы приведен скриншот рабочего окна ПК с симулятором, в рабочем окне интегрированной среды которого приведен исходный код программы управления. На рис.4 показано также, что в этот скриншот вставлен скриншот с реальным УРТК. Во время работы программы отображаются средства интерфейса оператора. Ими, а также с помощью клавиатуры оператор может управлять движением мехатронных модулей манипуляционного робота. Движение визуализируется, воздействуя на зрительные каналы восприятия информации о результатах работы созданной программы.

Исходный код программы

симулятор



Реальный УРТК

Интерфейс оператора
созданной программы

Рис.4. Иллюстрация средств управления УРТК

Электронное учебное пособие “Программирование на C в среде симулятора УРТК” создано с использованием инструментария *JavaScript* и *html*, оно является интерактивным и наделено средствами мультимедиа. Инновационность технологии обучения программированию на широко

распространенном алгоритмическом языке *Си* состоит в том, что она использует подход, сочетающий традиционные методики обучения и методики привнесенные симулятором, которые отличаются тем, что на этапе отладки, тестирования и использования созданных программ достигается наглядность оценок их функциональности. Кроме того, доступ к симулятору, который является программным комплексом, не ограничен расписанием лабораторных занятий, в то время как реальный аппаратно-программный комплекс УРТК предоставляется в распоряжение студентов только в часы лабораторного практикума.

Материал данного учебного пособия может дополнять материал проводимых лекционных, семинарских занятий. Он может использоваться при выполнении заданий на курсовую работу во втором семестре. Описанная технология обучения вызывает интерес студентов, повышает эффективность усвоения специальных разделов программирования.

Литература

1. Ионов Ю.Г. Виртуальная робототехника в образовательных ресурсах. Сборник избранных трудов VI Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ- образование».- М.: МГУ им. Ломоносова, 2011.- с. 533-538.
2. Ионов Ю.Г., Кадочников М.В. Информатика. Методические указания по лабораторным работам. Часть II. М.: МГТУ МИРЭА, 2012.- 36 с.

Фролов А.Б. ¹, Винников А.М. ², Гашков С.Б. ³, Крыгин М.А. ⁴

¹ «НИУ «МЭИ», профессор, abfrolov@mail.ru

² «НИУ «МЭИ», магистр, al.vin@bk.ru

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор, sbgashkov@gmail.com

⁴ «НИУ «МЭИ», аспирант, [<makrygin@gmail.com>](mailto:makrygin@gmail.com)

Дистанционный электронный образовательный ресурс «Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Электронный образовательный ресурс, алгебраическая библиотека, дистанционное образование.

АННОТАЦИЯ:

Описаны состав, область применения, поддерживаемые алгебраические структуры, функциональность алгебраической библиотеки дистанционного электронного образовательного ресурса «Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ», и его особенности как программного продукта.

Состав и область применения

Дистанционный электронный образовательный ресурс (ЭОР) Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ» обеспечивает удаленный доступ к алгебраическим библиотекам, в частности к алгебраической библиотеке MPEI AAL (MPEI Algebraic Abstractions Library), при вычислениях в различных числовых, полиномиальных и эллиптических структурах по составленным с подсказками алгебраического процессора программам или по готовым программам из лабораторного практикума. Он был создан в развитие локальной версии [1,2,3] и представляет собой комплекс программных средств, объединенных дистанционным интерактивным web-интерфейсом, обеспечивающим удаленный доступ как к теоретическим материалам изучаемых курсов, так и к интерактивным программам взаимодействия с вычислительными ресурсами в процессе реализации алгебраических вычислений с визуализацией результатов.

Он поддерживает теоретическое и практическое изучение свойств и алгоритмов конечных групп, колец, полей, групп точек эллиптических кривых и основанных на этих алгебраических структурах алгоритмов и протоколов, изучаемых в различных дисциплинах. Передаваемые web-транзакции разделяются на два класса: транзакции, доступные конкретному пользователю и транзакции, доступные всем пользователям сети, что позволяет моделировать работу защищенных коммуникационных систем и атак на них. Также обеспечивается дистанционный доступ к формированию и использованию информационного содержания лабораторного практикума и доступ к системной информационной

поддержке дистанционного ресурса.

Ресурс предназначен для использования при выполнении лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов, выпускных работ бакалавров и других видов самостоятельной работы, а также для демонстрации изучаемых алгебраических аспектов дисциплины и моделирования работы систем на их основе при чтении лекций. Используется в частности при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 230100 «Информатика и вычислительная техника», 010400 «Прикладная математика и информатика».

Теоретические разделы ресурса подготовлены авторами на основе изданий [4,5]. Функциональные возможности ресурса достаточны для воспроизведения (моделирования) и программирования большинства алгоритмов и криптографических протоколов, приведенных в этих изданиях.

Поддерживаемые алгебраические структуры

Ниже перечислены алгебраические структуры, в которых возможны вычисления с использованием интерактивных средств «Алгебраического процессора».

1. $\mathbb{Z}, \mathbb{Z}_n, F_p$ - кольцо целых чисел, кольца вычетов по модулю n , простые поля характеристики p ;
2. $GF(p^2)$ - квадратичные расширения простых полей $GF(p)$;
3. $GF(2)[X], GF(2)[X]_{f(X)}, GF(2^n)$ - кольца многочленов над полем $GF(2)$, кольца вычетов по модулю многочлена $f(X)$, поля $GF(2^n)$;
4. $GF(3)[X], GF(3)[X]_{f(X)}, GF(3^n)$ - кольца многочленов над полем $GF(3)$, кольца вычетов по модулю многочлена $f(X)$, поля $GF(3^n)$;
5. $GF(2^{m^4})$ - расширения четвертой степени полей $GF(2^m)$, порождаемые корнем многочлена $1+Y+Y^4$;
6. $GF(3^{m^6})$ - расширения шестой степени полей $GF(3^m)$, порождаемые корнем многочлена $2+Y+Y^6$;
7. $EC(GF(p))$ - группы точек эллиптических кривых над полями простой характеристики;
8. $EC(GF(p^2))$ - группы точек эллиптических кривых над квадратичными расширениями полей простой характеристики;
9. $EC(GF(2^n))$ - группы точек эллиптических кривых над полями характеристики два;
10. $EC(GF(3^n))$ - группы точек эллиптических кривых над полями характеристики три.

При выборе любой из этих структур по соответствующему элементу панели пользователь получает меню операций для работы с любой из алгебраических структур, перечисленных в обозначении элемента. При выборе необходимой операции пользователь получает подсказку о формате ее представления в программе.

В ряде случаев, например при вычислении порядка элемента той или иной группы, используется разложение порядка группы. Для вычисления порядка и его разложения предусматривается вызов функций вычисления порядка и последующего его разложения. Разложение порядков мультипликативных групп полей характеристики два и три может быть получено из базы данных на основе каннингемовского проекта ([The Cunningham Project](#)) [6] в интерактивном режиме. Для разложения других больших чисел используется функция `msieve` библиотеки [7], а для вычисления порядков эллиптических кривых – функции `schoof` и `schoof2` библиотеки M.I.R.A.C.L. [8]. Если условия выполнения операции или исходные данные не соответствуют требуемым, то при попытке ее выполнения появится сообщение с описанием исключения. Например, при выполнении сложения в $GF(2^n)$ передаваемый модулярный многочлен должен быть неприводимым. Если это не так, то появится предупреждение и выполнение операции будет прервано. При сложении в $GF(2^n)_{f(x)}$ операция с таким полиномом выполнится.

Имеются операции генерации и тестирования простых чисел, неприводимых и примитивных многочленов над полями характеристики два и три. Таким образом, интерфейс дистанционной версии сохраняет функциональность интерфейса локальной версии «Алгебраического процессора» и устроен таким образом, чтобы все необходимое для вычислений, характерных для современных криптографических протоколов было «под рукой», что позволяет сосредоточиться на изучении их особенностей, не отвлекаясь на рутинное программирование. В дистанционной версии воспроизведён лабораторный практикум локальной версии [1].

Существенным преимуществом дистанционной версии является возможность вычислений по составляемым или готовым программам.

На рис.1 приведен пример программы генерации и тестирования простого числа заданной длины в битах, которая может быть выполнена на сервере кафедры математического моделирования (ММ) «НИУ «МЭИ» с любого удаленного компьютера.

На рис. 2. Показан результат, доставленный на удаленный компьютер.

На рис. 3 дан скриншот листингов программы и результата.

```
p=Integer()
print "Получение псевдопростого числа p=",
print p.GeneratePrime(100)
order=Integer()
print "p-1=", order.Sub(p,Integer(1))
res=FactorizationAlgorithms(order).MsieveDecomposition()
print "Разложение p-1:", res.toList()
print "Подтверждение по тесту Люка, что p есть простое число: "
print Integer().ModifiedTestLuka(res, p)
```

Рис. 1. Программа получения простого числа заданной длины (в битах)

```

Получение псевдопростого числа p=
AAL.Integer(1201116649474191988201436713489)
p-1= AAL.Integer(1201116649474191988201436713488)
Разложение p-1: [('2', '4'), ('3', '1'), ('4159', '1'),
('6016653890529534284089909', '1')]
Подтверждение по тесту Люка, что p есть простое число: True

```

Рис. 2. Результат исполнения программы на рис. 1

Общая характеристика и функциональность библиотеки MPEI AAL, доступной посредством дистанционного алгебраического процессора «НИУ«МЭИ»

Теоретическую базу алгебраической библиотеки составляют теория конечных полей и теория эллиптических кривых.

MPEI AAL – это статически подключаемая библиотека, разработанная на языке программирования C++, использующая STL (Standard Template Library – стандартная библиотека шаблонов для C++), содержащая 29 классов.

MPEI AAL включает функции, реализующие:

1. Теоретико-числовые алгоритмы: вычисления символов Лежандра и Якоби, извлечения квадратного корня из квадратичного вычета по модулю простого числа и по составному модулю с известным его разложением; различные модификации алгоритма Евклида (основной, расширенный, бинарный, основной, расширенный бинарный, расширенный для нахождения обратного элемента).

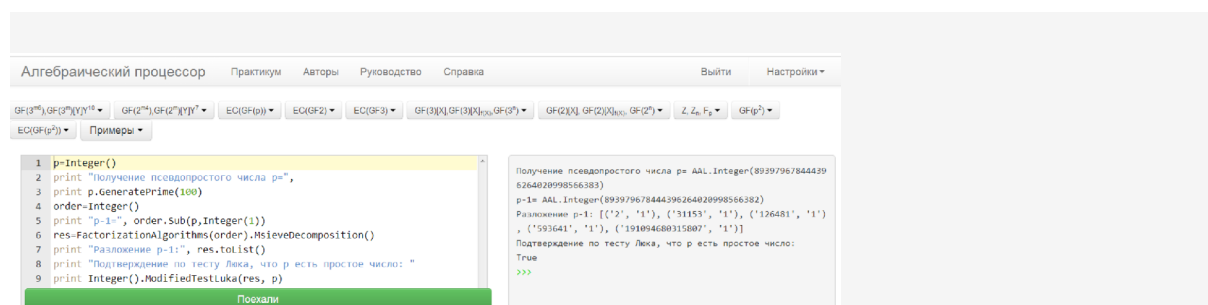


Рис.3. Скриншот фрагмента листингов программы и результата. В верхней строке меню «Алгебраический процессор», «Практикум», «Авторы», «Руководство», «Справка», «Выйти», «Настройка». В следующие строке меню элементы панели перечисленных выше алгебраических структур и «Примеры». Ниже слева поле для размещения программы (показан рассмотренный выше пример), справа – поле результата вычислений (по кнопке «Поехали» внизу). «Настройка» это создание и редактирование образовательных ресурсов. «Руководство» это пример составления программы в динамике.

2. В числовых и полиномиальных кольцах и конечных полях основные (сложение, умножение) и производные (деление с остатком, приведение по модулю, обращение, возведение в степень) операции.
3. В группах точек эллиптических кривых основные (сложение и удвоение, взятие противоположной точки) и производные (взятие точки,

вложение данных и скалярное умножение, искажающее отображение, спаривание) операции.

4. Алгоритмы генерации и тестирования больших простых чисел, неприводимых и примитивных многочленов, многочленов, порождающих нормальный базис, образующих элементов и элементов высокого порядка.

Особенности дистанционного ЭОР Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ» как программного продукта

В дистанционном ЭОР Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ» (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615738 от 19 июня 2013г.) для выполнения программ, аналогичных программе, показанной выше, используется интерпретатор языка Python, к возможностям которого добавлены функции Алгебраической библиотеки MPEI AAL. Связывание осуществляется через прикладной программный интерфейс языка (C API), который позволяет вызывать в программах функции из библиотек и других компилируемых модулей, написанных на C и C++. Реализован способ автоматизации связывания с помощью генератора интерфейсов SWIG (англ. Simplified Wrapper and Interface Generator) [9].

Такой подход позволил интегрировать разные программные компоненты, предоставляя доступ к компилируемому коду при отсутствии его аналога на скриптовом языке. Он обладает следующими преимуществами:

1. Скриптовый движок Python, предоставляя доступ к алгебраической библиотеке в режиме командной оболочки, что позволяет ускорить работу с библиотекой, поскольку нет необходимости перекомпилировать выполняемый код.
2. Есть возможность автоматизировать выполнение определенных операций на различных наборах входных данных с использованием текстовых скриптов.
3. C++ хорошо подходит для алгебраических задач, когда быстродействие играет важную роль. Однако для рядовых задач, по статистике, только 20% времени тратится на выполнения 80% кода. Для этих 80% не критичного к времени выполнения кода используется интерпретируемый язык высокого уровня. Такой вариант сочетает лучшие качества обоих программных сред: быстроту компилируемого C++ и богатую стандартную библиотеку Python, включающую средства для работы со многими сетевыми протоколами, элементами интерфейса пользователя, форматами сериализации данных и криптографическими протоколами, что позволяет создавать на его основе сложные приложения. Также в языке имеется набор встроенных средств для научных вычислений: поддерживаются многозначные и комплексные числа, построение графиков и диаграмм и даже символьные вычисления.

4. Благодаря использованию в Python сборщика мусора, программист может не беспокоиться об утечках памяти при использовании динамических объектов библиотеки.

Использование генератора интерфейсов SWIG позволяет сократить до минимума необходимую работу и обработать большой объем кода. SWIG автоматически генерирует функции доступа для заданных структур, классов и функций по специальным файлам (интерфейсным модулям). На выходе получается динамическая (разделяемая) библиотека, которую интерпретатор может подключать в качестве расширения.

На рис. 4 показаны отношения компонентов среды разработки библиотеки MPEI AAL. Созданием такой среды мы обеспечиваем независимость разрабатываемой нами библиотеки от различных компиляторов и языков программирования.



Рис. 4. Отношения компонентов среды разработки библиотеки MPEI AAL

Работа дистанционной версии алгебраического процессора заключается в предоставлении совместного доступа к интерпретатору для удаленных пользователей. Благодаря использованию на сервере языка python можно решить большинство задач с помощью множества доступных средств сетевого взаимодействия. Особое внимание уделено работоспособности приложения в случаях изменения количества пользователей и, соответственно, нагрузки на сервер, освобождению неиспользуемых ресурсов, а также контролю возможных рисков недоброкачественного их использования (переполнения памяти, глубины рекурсии, зависаний).

На стороне клиента используется набор шаблонов верстки, оформления и компонентов веб-интерфейса. Компоненты на стороне клиента подобраны для максимальной совместимости с различными устройствами и разными разрешениями экранов. Используются возможности адаптивной верстки, когда на большом расширении используется растягивающаяся разметка, при уменьшении - ширина колонок в сетке макета фиксируется, а там, где это необходимо, элементы выравниваются вертикально вместо использования обтекания.

В заключение приведем заимствованное программное обеспечение и параметры сервера и программного обеспечения собственно ресурса.

Заимствования.

На сервере помимо библиотеки MPEI AAL используется функция msieve библиотеки [7], функция schoof и schoof2 библиотеки M.I.R.A.C.L. [8], интерпретатор python 2.7.2, фреймворк bottle.py 0.11, сервер cherrypy 3.1.2, субд sqlite 3.7.7.

На стороне клиента (через сервер) используются следующие библиотеки: prettyprint.js, bootstrap, ace editor, cleditor, jqconsole, knonckout.js. При создании раздела «Справка» использованы программы pydoc, markdown, xsltproc. Все заимствованные и использованные при создании ресурса программы, как и дистанционный алгебраический процессор, распространяются для образовательных целей свободно.

Параметры сервера.

ОС Ubuntu 11.10 (GNU/Linux 3.0.0-12-generic i686).

Процессор Intel(R) Celeron(R) CPU 2.00GHz.

Память 1GB, диск 110GB, сеть Broadcom Corporation BCM4401 100Base-T и Realtek Semiconductor Co., Ltd. RTL-8139/8139C/8139C+.

Общий объем программного обеспечения (без текстовых файлов).

Библиотека AAL 3,9мб(код).

Дист. версия 146.2 кб код, 158.2 кб интерфейс и справка, 1мб картинки, 8.4 мб файлы практикума. все вместе 9.8мб.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 11-01-00792а.

Литература

1. Фролов А.Б., Гашков С.Б., Винников А.М. Электронный образовательный ресурс "Алгебраический процессор". Труды VI Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". 12-14 декабря 2011, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова. 2011. С. 599-606.
2. Фролов А.Б., Гашков С.Б., Винников А.М. Электронный образовательный ресурс "Алгебраический процессор". Труды международной научно-методической конференции «Информатизация инженерного образования ИНФОРИНО 2012». Издательский дом МЭИ. С.517-520.
3. Программное средство «Алгебраический процессор»// А.Б. Фролов, С.Б. Гашков, А.Ю. Белова, С.В. Морозов, С.Ю. Жебет, И.И. Щуров. В кн. Информатизация инженерного образования. Электронные образовательные ресурсы МЭИ. Вып. 3. 2008. С. 271 - 274.
4. Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б. Часовских А.А. Элементарное введение в эллиптическую криптографию. Алгебраические и алгоритмические основы. Изд. 2, доп. М.: Комкнига. 2012.
5. Болотов А.А., Гашков С.Б., Фролов А.Б. Элементарное введение в эллиптическую криптографию. Протоколы криптографии на эллиптических кривых. Изд. 2, доп. М.: Комкнига. 2012.
6. John Brillhart D.H., Lehmer, J.L. Selfridge, Bryant Tuckerman, and S.S. Wagstaff, Jr. Factorisations of $b^n \pm 1$, $b=2,3,6,7,10,11$ up to high powers. Amer. Math. Soc., Providence, Rhode Island, 2002. http://www.ans.org/online_bks/conm22
7. Msieve integer factorization library. <http://www.booby.net/~jasonp/qs.html>
8. Multiprecision Integer and Rational Arithmetic C/C++ Library. www.cs.sunysb.edu/~implement.shtml
9. Guido van Rossum. Python/C API Reference Manual. CreateSpace, 2009.

Мельников Б.Ф.¹, Пивнева С.В.², Сытник С.С.³

¹Тольяттинского государственного университета, г.Тольятти (Россия), доктор физико-математических наук, профессор, B.Melnikov@tltsu.ru

²Тольяттинского государственного университета, г.Тольятти (Россия), кандидат педагогических наук, доцент tltswetlana@rambler.ru

³Тольяттинского государственного университета, г.Тольятти, аспирант (Россия), sitnikss@yandex.ru

***Анализ мест и возможностей применения
имитационного моделирования принятия
управленческих решений на примере компьютерной
модели «Скрининговые программы»***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Обучение, принятие решений, скрининговая программа, модель, имитационное моделирование.

АННОТАЦИЯ:

В настоящей статье рассматриваются новые подходы к обучению и поддержке принятия решений на базе имитационных моделей принятия управленческих решений. Подробно описывается разработанная имитационная модель принятия управленческих решений для процесса проведения скрининговых программ (выявление заболеваний) среди населения. Данную модель предполагается использовать в трех местах: в образовательном процессе высших учебных заведений, колледжей, лицеев и школ для передачи общих представлений об изучаемом процессе; в программах повышения квалификации для передачи оптимального комплекса показателей для управления данным процессом; встраивание в деятельность для использования разработанной модели в реальной жизни, с учетом её обучения.

Введение

В настоящее время фиксируется тенденция увеличения количества внедряемых инновационных методов обучения на основе современных информационных и телекоммуникационных технологий образовательными учреждениями: колледжами, высшими учебными заведениями, различными центрами переподготовки. Наряду с этим расширяется один из инновационных методов обучения: применение имитационных моделей на базе систем поддержки принятия решений, использование которого в образовательном процессе еще не достаточно.

При создании различных систем поддержки принятия решений для текущей деятельности возникает задача определения оптимального решения в данный момент времени [1]. На текущий момент существует ряд

типовых задач часто встречающихся на практике [2]:

- задача коммивояжёра (англ. Travelling salesman problem, TSP) — задача комбинаторной оптимизации, заключающаяся в отыскании самого выгодного маршрута, проходящего через указанные города хотя бы по одному разу с последующим возвратом в исходный город;
- задача о ранце (рюкзаке) (англ. Knapsack problem) — максимизационная задача укладки как можно большего числа нужных вещей в рюкзак при условии, что общий объём (или вес) всех предметов, способных поместиться в рюкзак, ограничен. Её модификации часто возникают в экономике, прикладной математике, криптографии, генетике и логистике для нахождения оптимальной загрузки транспорта (самолёта, поезда, трюма корабля) или склада.

В решаемой задаче проведения скрининга среди населения необходимо найти оптимальный вариант комбинации принимаемых решений, таким образом, чтобы максимально удовлетворить выбранным критериям в рамках ограниченных финансовых ресурсов, которые напрямую ограничивают возможности принимаемых решений.

Принципиальное описание разработанной модели

На данный момент имеется описанная модель деятельности процесса проведения скрининговых программ для населения (см. рис. 1). В данной модели перед лицом, принимающим решение (ЛПР) стоит задача по снижению уровня заболевания в регионе при ограниченных финансовых ресурсах в рамках общей стратегии страны [3]. Скрининг - это система медицинских мероприятий направленных на выявление заболеваний (по возможности на ранней стадии) у бессимптомной части населения. Данный подход не всегда является однозначно полезным, из-за несовершенности методов используемых для диагностирования различных заболеваний: отсутствует 100 % уверенность в положительном или отрицательном результатах. Так как возможно проведение:

- гипердиагностики, приводящей к ошибочному медицинскому заключению о наличии у обследуемого пациента болезни или её осложнений;
- ошибочной диагностики, создание ложного чувства уверенности в отсутствии болезни.

По этим причинам скрининговые исследования должны обладать достаточной чувствительностью и допустимым уровнем специфичности [4].

Программа имеет первоначальную ситуацию, описывающуюся несколькими сценарно-заданными начальными параметрами. Имеется возможность задавать собственные начальные значения, для отражения реальных ситуаций из жизни для использования в текущей деятельности или в рамках обучения для демонстрации острых (предельных) или типовых ситуаций. Также они могут рассчитываться случайным образом в

рамках допустимого диапазона, для исключения повторяющихся ситуаций в рамках обучения. Аналитические данные отображаются в виде графического интерфейса, представляющего из себя набор графиков и таблиц (см. рис.2).

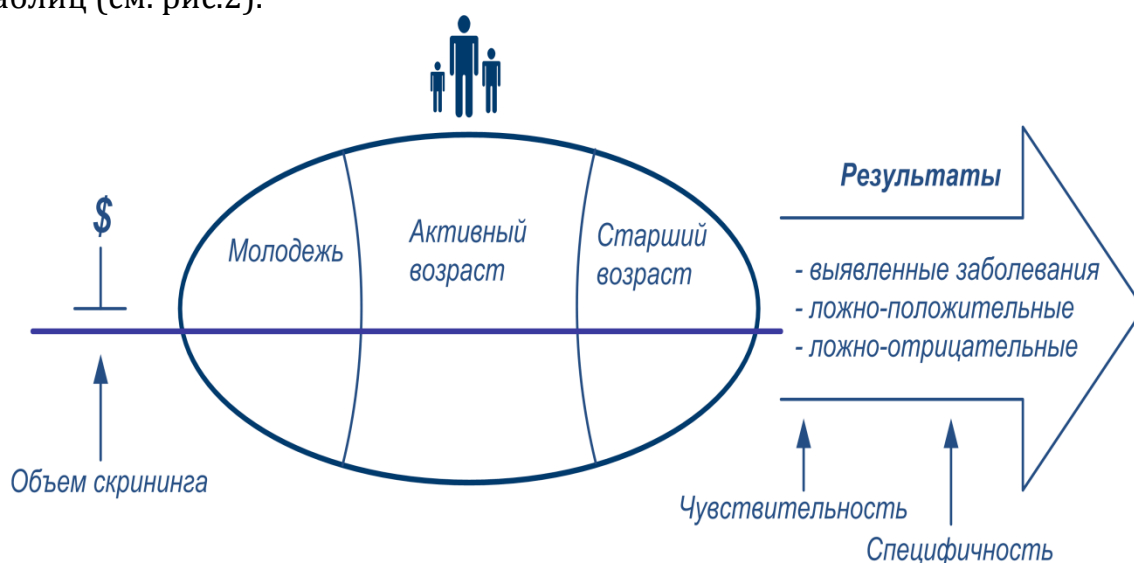


Рис. «Модель процесса проведения скрининга среди населения»



Рис. «Часть интерфейса, иллюстрирующая аналитические данные»

Например, есть определённые возрастные группы населения, характеризующиеся пиками – высокой вероятностью заболевания в определенных годах выделенных групп населения [6, 7].

Исходя из анализа данных и выбранных критериев (с установленными коэффициентами значимости), принимаются в рамках обучения или рассчитываются управленческие решения при использовании в текущей деятельности (см. рис.3). Рассчитанные управленческие решения основываются на логико-математических взаимосвязей объектов. Их использование исключает субъективный подход в принятии решений, однако являются лишь рекомендациями (приближенными значениями) для принятия решений. В дальнейшем модель необходимо дорабатывать новыми взаимосвязями (новые объекты

или показатели) или обучать существующую модель.

Скрининг			
Суммарное количество лет охваченных скринингом, лет	40	40	40
- молодежь ¹ (от 0 до 25 лет)	От 0 до 25	От 0 до 25	От 10 до 10
- активный возраст ¹ (от 25 – 55 лет)	От 25 до 55	От 25 до 55	От 10 до 10
- старший возраст ¹ (от 55 и 85)	От 55 до 100	От 55 до 100	От 10 до 10
Объем скрининга ²	полный	частичный	поверхностный
Расходы на проведение скрининговых программ, тыс.руб.	10	10	10
Качество скрининговых программ			
Чувствительность ³	90	100	90
Расходы на повышение чувствительности, тыс.руб. Оптимальный объем требуемых вложений ____ тыс. руб.	10	10	10
Специфичность ⁴	10	10	20
Расходы на повышение специфичности, тыс.руб. Оптимальный объем требуемых вложений ____ тыс. руб.	10	10	10
¹ Данное решение показывает какой возрастной диапазон будет выбран при скрининге. Количество людей пришедших на скрининг зависит от количества людей в данном возрастном диапазоне. ² Объем скрининга значительно увеличивает чувствительность и стоимость, а также незначительно ухудшает специфичность скрининговых программ. ³ Чувствительность - определение надежности результатов скрининг-теста на основании отношения количества людей с положительной реакцией на этот тест при наличии у них какого-либо заболевания к общему числу больных этим заболеванием людей (чем выше чувствительность скрининг-теста, тем меньше количество ложных отрицательных результатов при его использовании среди лиц с данным заболеванием). ⁴ Специфичность - определяется по соотношению количества здоровых людей, у которых имеет место отрицательная реакция на тест (т.е. чем выше специфичность теста, тем меньше количество ложных положительных результатов при его использовании среди здоровых людей).			

Рис. «Часть интерфейса иллюстрирующая, управленческие решения»

После чего рассчитываются промежуточные (внутримодельные) и результирующие показатели. Основой расчета служит последовательность методов вычисляющихся в определенном порядке, заданным разработчиком модели. Методы представляют собой логико-математические взаимосвязи различных объектов (население, скрининг и т.д.) [8]. Во время расчета в методы подставляются управленческие решения или результаты расчетов других методов. Таким образом, после полного расчета модель переходит в новое состояние с изменившимися показателями.

Результирующие показатели по скрининговым программам	2010	2011	2012
Процент охваченного населения, %	80	90	90
- из них посетившие скрининговые программы, %	80	90	--
Доля выявленных заболеваний, %	5	5	--
Доля ложно-положительных результатов, %	1	1	--
Доля ложно-отрицательных результатов, %	0,5	0,5	--

Рис. «Часть интерфейса иллюстрирующая, результирующие показатели»

Техническое описание разрабатываемой модели

Программа будет реализована на платформе (см. рис. 5), состоящей из 4 составляющих: Apache, MySQL, PHP, Web-браузер. Веб-браузер подает запрос на веб-сервер, после чего запрос анализируется и подается команда на запуск определенного скрипта, который запрашивает определенные данные из СУБД, получая и обрабатывая их, в конечном итоге через веб-сервер выдает результат первоначального запроса.

Данный набор инструментов является оптимальным и эффективным в рамках разрабатываемой модели [5].

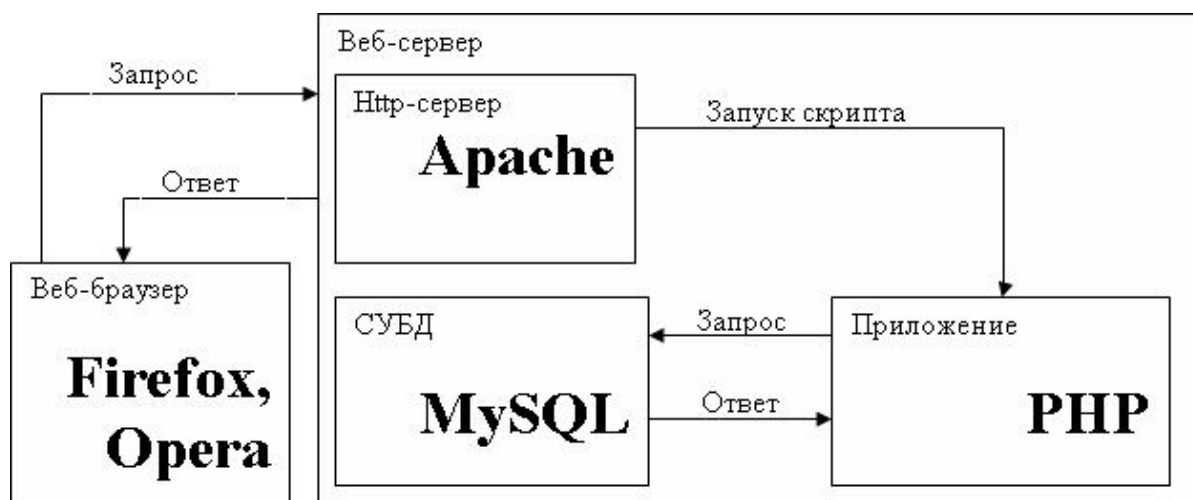


Рис. «Технологическая схема платформы»

Результаты

В рамках процесса обучения данная имитационная модель окажет неоценимую помощь преподавателю, так как позволит беспристрастно оценить решения, полученные учащимися. В перспективе это открывает возможности для более глубокого внедрения электронных средств в образовательный процесс: модели не требуют постоянного присутствия преподавателя, методические рекомендации выдаются автоматически, программа сама указывает на допущенные ошибки, выполняется объективная сертификация.

Для программ повышения квалификации это возможность соединить в единый процесс существующую деятельность и новый материал (инструментарий, подходы и методы для решения поставленных задач). Данный подход дает возможность высокого осознания нового материала, так как он непосредственно наложен на имитационную модель имитирующую деятельность обучаемого.

В текущей деятельности будет являться одним из инструментов, помогающим принять необходимое решение. А также на основании него будет осуществляться передача оптимального комплекса показателей и последующее его изменение для управления данным процессом.

Обсуждение результатов

Полученные результаты являются доказательством того, что внедрение модуля («Скрининговые программы») комплекса программ на базе имитационного моделирования для решения управленческих задач будет востребованным:

- в учебном процессе колледжей и высших учебных заведений имитационные модели дадут более полное представление об изучаемом процессе или объекте, это даст возможность более глубоко проникнуться в сущность задачи. Организация учебного процесса построенного на применении новых инструментов работы с информацией приведет к получению более полных знаний в ходе обучения. Также данный продукт

может освободить преподавателя от ряда утомительных функций, в частности от отработки элементарных умений и навыков, проверки знаний, а также сделать учебные занятия яркими и насыщенными, предоставляя при этом учащимся максимальную свободу творчества. Процесс обучения станет более современным, уменьшатся финансовые затраты на него, повысится заинтересованность участников образовательной среды в научных и методических исследованиях. А также повысится инновационная составляющая вуза, что влечет повышение статуса вуза, а, следовательно, и его привлекательности для учащихся студентов и поступающих абитуриентов;

- в рамках программ повышения квалификации достигается сглаживание между отрывом от текущей деятельности и подачей нового материала посредством имитационной модели, содержащей в себе данные двух составляющих;

- в текущей деятельности на основании данной модели появится единое представление о данном процессе, что будет способствовать общему пониманию сути деятельности. На основании чего возможно развитие и усовершенствование представлений о процессе: инструментарий, анализируемые показатели и т.д.

Вывод

Программа позволяет:

- увеличить эффективность усвоения знаний, повысить понимание материала, увеличить скорость передачи знаний, выработать профессионально-ориентированные умения, навыки в исследовании свойств изучаемых объектов и процессов;
- развивать такие важные для специалиста любой отрасли качества, как интуиция, профессиональное чутье, образное мышление;
- повысить эффективность и сокращает сроки обучения по программам повышения квалификации;
- сократить сроки принятия решений и способствует минимизированию количества ошибочных решений в текущей деятельности;
- исключить субъективный подход при принятии решений.

Визуализацию в концепции информационно-образовательной среды следует понимать как использование анимационных объектов, построенных на основе математических моделей изучаемого объекта или процесса. Данное обстоятельство указывает на возможность применения данных моделей в процессе обучения и текущей деятельности.

Внедрение новых средств обучения потребует пересмотра существующих методов обучения, что повлечет за собой разработку новых подходов в системе обучения.

Литература

1. Пивнева С. В. Математическое моделирование принятия решений в различных предметных областях / С. В. Пивнева, Б. Ф. Мельников // Вектор науки. – № 3 (13). –

- Тольятти : Тольят. гос. ун-т, 2010. – С. 22-25.
2. Мельников Б. Ф. Мультиэвристический подход к задачам дискретной оптимизации / Б. Ф. Мельников, С. В. Пивнева // Методы и средства обработки информации : труды Третьей всерос. науч. конф. (ВМК МГУ 6-8 октября 2009 г.). – М., 2009. – С. 268-280.
 3. Сытник С.С. Имитационное моделирование принятия управленческих решений на примере компьютерной модели «скрининговые программы». Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2012. № 1. С. 68-69.
 4. [Medscape: Medscape Access](http://emedicine.medscape.com/article/773832-overview#showall) - веб ресурс для врачей и других специалистов в области здравоохранения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://emedicine.medscape.com/article/773832-overview#showall>. - (дата обращения: 09.10.2013).
 5. Пивнева С.В., Сытник С.С. Имитационное моделирование принятия управленческих решений в системе обучения. Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2010. № 4. С. 23-24. - Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17017620>
 6. Тенюкова К.Ю., Турханова Е.Е., Тенюков В.В. Роль скрининговых исследований в изучении состояния здоровья населения для формирования здорового образа жизни. [Здравоохранение Чувашии](#). 2011. № 4. С. 25-29.
 7. Miller A.B. Quality assurance in screening strategies. [Virus Research](#). 2002. Т. 89. № 2. С. 295-299.
 8. Pidd, M. 2004. Computer Simulation in Management Science, 5th ed. Chichester: John Wiley & Sons.

Аникин В.И.¹, Воловач В.И.², Сафронова К.В.³

¹ Поволжский государственный университет сервиса, профессор, anikin_vi@mail.ru

² Поволжский государственный университет сервиса, зав. кафедрой «Информационный и электронный сервис», доцент, iies_kaf@tolgas.ru

³ Поволжский государственный университет сервиса, магистрант, kvsafroнова@yandex.ru

Компонентное моделирование формальной логики в Microsoft Excel

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Математическое моделирование, компонентная технология, электронная таблица, логика.

АННОТАЦИЯ:

Предложена новая компонентная технология математического моделирования в электронных таблицах. С использованием этой технологии в Microsoft Excel разработана библиотека компонентов формальной логики. Созданный авторами информационный ресурс может быть использован в качестве удобной инструментальной среды визуальной разработки лабораторного практикума по дисциплине «Логика» в вузах страны.

Формальная логика как наука о законах мышления и правильного вывода умозаключений была развита в Древней Греции трудами Аристотеля и просуществовали почти в неизменном виде до середины XIX века, когда Дж. Буль и другие исследователи заложили основы математической логики [1]. Особенно мощное развитие математическая логика получила в XX веке в связи с прогрессом в вычислительной технике. Несмотря на огромные достижения математической логики, обучение формальной логике [2, 3] в вузах страны до сих пор ведется на основе формализма, выработанного в конце XIX – первой половине XX вв., и слабо поддержано передовыми информационными технологиями.

Целью данной статьи является разработка технологии компонентного табличного моделирования формальной логики без написания программного кода, пользуясь только встроенными средствами широко распространенной (и многими недооцененной) электронной таблицы Excel. Разработанный нами информационный ресурс может быть использован в качестве удобной инструментальной среды визуальной разработки лабораторного практикума по дисциплине «Логика». Концептуально работа базируется на оригинальной технике визуального решения задач символической логики с помощью диаграмм Льюиса Кэрролла [4].

Можно привести несколько убедительных аргументов в пользу

выбора Excel как эффективного инструмента визуального решения логических задач:

1. Нестандартная специфика логических задач. Логические задачи весьма разнообразны по содержанию, при этом они не требуют громоздких вычислений, не порождают больших объемов данных, имеют оригинальные формулировки, зачастую выраженные в неформальной словесной форме. Все это, особенно последняя особенность логических задач, требует нестандартного и неочевидного подхода к формализации решаемой задачи: выбору способов представления исходных данных, определению независимых и зависимых переменных, поиску алгоритма решения задачи и пр.

Большое разнообразие формулировок логических задач и нестандартность подходов к их решению, по-видимому, и является основной преградой на пути обеспечения эффективной информационной поддержки учебной дисциплины «Логика». Очевидно, что для визуального решения логических задач требуется специализированная, с элементами искусственного интеллекта, гибкая графическая среда выполнения численных и символических вычислений, каковой на сегодняшний день не существует. Далее будет показано, что по своим функциональным возможностям к ней весьма приближены электронные таблицы, в частности, Excel.

2. Excel включает множество инструментов и средств визуализации данных и самого процесса вычислений, к основным из которых относятся:

1. эффективное позиционирование элементов данных на рабочем листе Excel, в том числе с использованием технологии drag-and-drop («протаски и отпусти»);

2. обрамление и заливка ячеек с данными различными цветами;

3. условное форматирование ячеек согласно заданным критериям;

4. инструмент Зависимости, визуализирующий отношения взаимовлияния между парами элементов данных табличной модели;

5. автоматизация перебора входных данных и вариантов решения с помощью таблиц подстановки;

6. автоматический пересчет зависимых ячеек при изменении входных данных и пр.

3. Высокая продуктивность разработки. В зарубежной литературе по программной инженерии имеются сведения об использовании электронных таблиц (ЭТ) для создания новых программных продуктов и сравнительные оценки трудоемкости работ программистов в различных средах программирования на основе функциональных баллов.

Функциональные баллы – это количественная оценка трудоемкости разработки в предположении, что сложность создаваемого программного приложения характеризуется пятью элементами: число вводов, выводов, запросов, файлов, интерфейсов, - и их весами. Оценка трудоемкости работ программистов в функциональных баллах рассчитывается по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^5 w_i n_i$$

где S – трудоемкость работ, w_i – весовой коэффициент элементов функциональных баллов, n_i – число элементов.

Эмпирические оценки относительной мощности разных средств разработки путем расчета числа строк кода, которые требуется написать для программирования одного функционального балла, следующие: Assembler – 320, С – 128, Pascal – 91, С++ и Java – 53, ЭТ – 6 [5]. Таким образом, оценка трудоемкости табличной реализации алгоритма на порядок меньше трудоемкости этой же работы даже в современных объектно-ориентированных средах программирования.

В монографии одного из авторов [6] было показано, что произвольную табличную модель можно интерпретировать как действующую граф-машину некоторого обрабатывающего алгоритма. Под граф-машиной алгоритма понимается ориентированный ациклический граф, в вершинах которого находятся исполнительные устройства (ИУ), кооперативно и координировано решающие поставленную задачу, а дуги графа определяют направленные связи, по которым информация передается от одного ИУ к другому [7]. Применительно к табличной реализации граф – машины алгоритма каждое ИУ – это ячейка Excel с формулой, а дуга графа – ссылочная связь между двумя зависимой и влияющей ячейками. Пространственную структуру граф-машины алгоритма (графа связей между ячейками табличной модели) удобно визуализировать с помощью встроенного инструмента Excel Зависимости.

Под шаблоном компонента табличной модели будем понимать совокупность ячеек с формулами, совместно выполняющих некую полезную функцию многократного использования. Для обеспечения возможности быстрого выделения и позиционирования компонентов на рабочем листе Excel с помощью технологии drag-and-drop, геометрическую структуру последних будем задавать в виде прямоугольных блоков ячеек. Другим требованием к структуре компонентов является то, что все зависимые ячейки должны размещаться ниже и/или правее соответствующих влияющих ячеек в структуре компонента. Это требование является обязательным для обеспечения правильной работы компонентов в итерационных табличных моделях [8].

Проиллюстрируем, как, имея в своем распоряжении граф связей между ячейками табличной модели, можно создать компонент многократного использования.

Пусть дан фрагмент графа связей между ячейками табличной модели (рис.1, а), где ячейки 6 и 7 с формулами, выделенные пунктирной рамкой, выполняют полезную функцию многократного использования.

Образуем из ячеек 6 и 7 шаблон компонента. Для этого заметим, что ячейка 6 создаваемого компонента принимает данные от двух внешних

ячеек 4 и 5, а ячейка 7 является выходной. Следовательно, компонент с именем Название (рис.1, в) должен иметь два входных порта IN1 и IN2 (вспомогательные ячейки 8 и 9, содержащие ссылки на влияющие ячейки 4 и 5), две рабочие ячейки (6 и 7), собственно и реализующие функциональность компонента, и один выходной порт OUT1 (ячейка 7). Отметим, что, как и требуется, в компоненте (рис.1, в) зависимая ячейка 6 располагается ниже и правее влияющих ячеек 8 и 9, а зависимая ячейка 7 – правее влияющей ячейки 6.

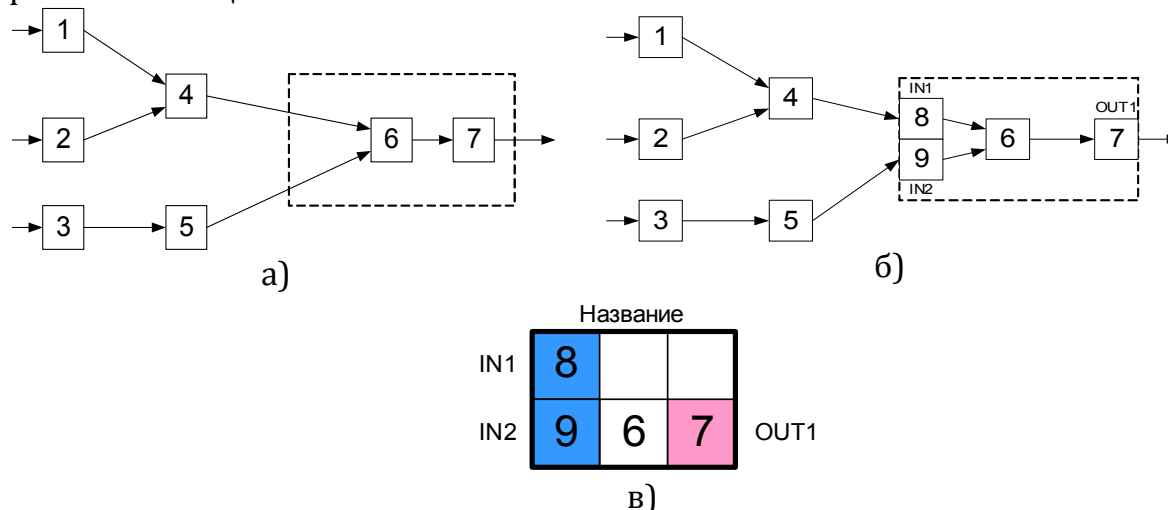


Рис.1. Граф связей между ячейками табличной модели (а) и компонент, объединяющий функциональность ячеек 6 и 7 (б, в).

Для динамической визуализации работы компонента к его входным и выходным ячейкам можно применить условное форматирование. Например, можно задать, чтобы ячейки, содержащие логический 0, автоматически выделялись заливкой синего цвета, а ячейки, содержащие логическую 1, - розовым цветом (рис.1, в).

Аналогичным образом, выделяя на графе связей табличной модели алгоритма другие функционально полезные фрагменты, можно создать библиотеку компонентов, ориентированную на решение множества задач из определенной предметной области.

На рисунках 2 и 3 представлена созданная нами в Excel библиотека компонентов формальной логики, включающая:

- компоненты простых суждений (**Суждение ОУ** - общеутвердительное, **Суждение ОО** - общеотрицательное, **Суждение ЧУ** - частноутвердительное, **Суждение ЧО** - частноотрицательное) вида: <квантор>S<связка>P, где S, P – субъект и предикат суждения соответственно;
- компоненты вывода новых суждений из одной или двух входных посылок (**Категорический силлогизм**, **Превращение суждения**, **Обращение суждения**, **Противопоставление предикату**, **Логический квадрат**, **Отрицание суждения**);
- компоненты интерпретации результатов вывода (**Интерпретация**

суждения, Круги Эйлера, Содержание терминов);

	1	2	3	4	5
37	Bi	Суждение ОУ			
38	R38C2	A	ОУ	Все	
39	S+P-	S	P	есть	
40	Все S есть P				
41					
42	Bi	Суждение ОО			
43	R43C2	E	ОО	Никакие	
44	S+P+	S	P	не есть	
45	Никакие S не есть P				
46					
47	Bi	Суждение ЧУ			
48	R48C2	I	ЧУ	Некоторые	
49	S-P+	S	P	есть	
50	Некоторые S есть P				
51					
52	Bi	Суждение ЧО			
53	R53C2	O	ЧО	Некоторые	
54	S-P+	S	P	не есть	
55	Некоторые S не есть P				

	16	17	18	19	20
38	Bi	Интерпретация суждения			
39					
40	R40C17				
41					
42					
43					
44					
45	Bi	Категорический силлогизм			
46					
47	1				
48					
49					
50	R50C17				
51					
52					
53					
54	Круги Эйлера				
55	№	2			

	6	7	8	9	10
37	Bi	Превращение суждения			
38					
39	1				
40	R40C7				
41					
42					
43					
44	Bi	Обращение суждения			
45					
46	R46C7				
47					
48					
49					
50	Bi	Противопоставление предикату			
51					
52	R52C7				
53					
54					
55					

	12	13	14	15	
37	Bi	Логический квадрат			
38					
39	1				
40	R40C12				
41					
42					
43					
44	Bi	Отрицание суждения			
45					
46	R46C12				
47					
48					
49					
50	Содержание терминов				
51	U	Универсум			
52	S				
53	P				
54	M				
55	?				

Рис.2. Библиотека компонентов формальной логики

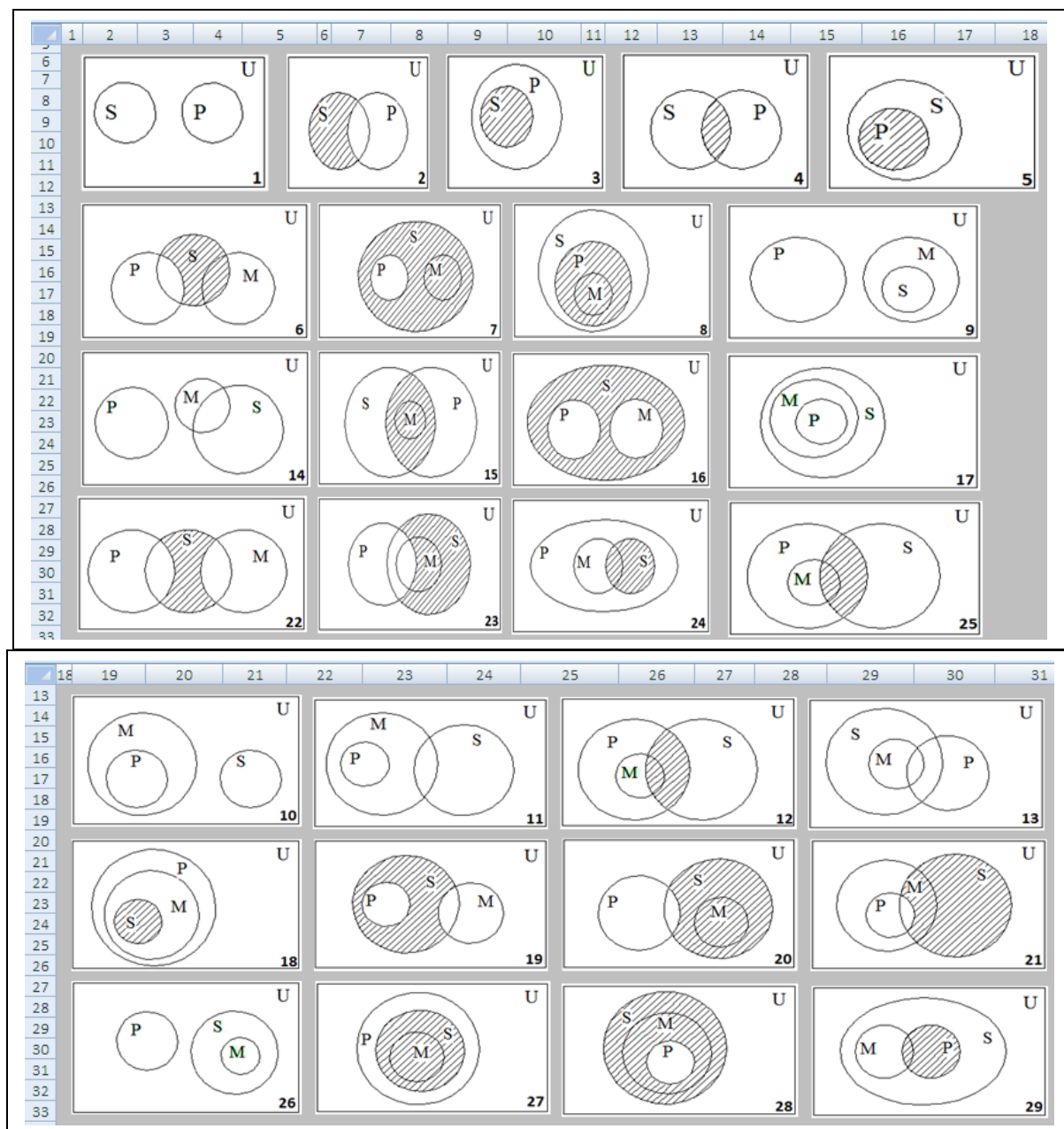


Рис.3. Круги Эйлера для простых суждений и компонентов вывода умозаключений

- *круги Эйлера*, ставящие в соответствие суждениям их эквивалентные круговые диаграммы.

В общем случае процесс создания и анализа компонентной табличной модели включает следующие этапы:

1. Выбор из библиотеки компонентов, необходимых для решения искомой задачи формальной логики, и позиционирование блоков компонентов на рабочем листе Excel.
2. Установление информационных связей между блоками табличной модели.
3. Задание и настройка параметров блоков табличной модели.

4. Проведение экспериментов с компонентной табличной моделью.
5. Интерпретация полученных результатов моделирования.

На рис.4 приведен пример компонентной табличной модели решения категорического силлогизма:

Все не-В есть А
 Ни одно В не суть С

 Все С суть А

построенная с использованием описанной библиотеки компонентов формальной логики.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
309															
310															
311															
312															
313															
314															
315															
316															
317															
318															
319															
320															
321															
322															
323															
324															
325															

Рис.4. Компонентная табличная модель решения категорического силлогизма

Правильность итогового логического вывода проиллюстрируем на частном примере:

Все бескрылые животные не могут летать
 Ни одно крылатое животное не суть человек

 Все люди не могут летать

Полагая здесь, что А – животное, которое не может летать, ~А – животное, которое может летать, В – крылатое животное, ~В – бескрылое животное, С – человек, приходим к категорическому силлогизму, решаемому на рис.4.

Как видим, цепочка рассуждений, приводящая к получению окончательного умозаключения, строится следующим образом:

4. Противопоставление предикату общеутвердительного суждения Все бескрылые животные не могут летать приводит к суждению Никакое животное, которое может летать, не есть бескрылое животное.

5. Превращая это полученное суждение, приходим к суждению Все животные, которые могут летать, суть крылатые животные.

6. Далее решая категорический силлогизм с помощью модуса Cameenes:

Ни одно крылатое животное не суть человек

Все животные, которые могут летать, суть крылатые животные

получаем суждение Никакой человек не есть животное, которое может летать.

7. И, наконец, превращая это суждение, выводим окончательное

суждение:

Все люди не могут летать.

Помимо вывода умозаключений компоненты формальной логики производят также анализ корректности входных посылок и выдают сообщение об ошибке в случае обнаружения каких-либо проблем. Так, на рис.5 приведено табличное компонентное решение известного категорического силлогизма Льюиса Кэрролла:

Сахар сладкий
Все дети любят сладости
???

который у многих учащихся вызывает серьезные затруднения.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
274																				
275																				
276																				
277																				
278																				
279																				
280																				
281																				
282																				

Рис.5. Невозможность логического вывода в случае учета терминов

В этом поучительном примере компонент категорического силлогизма, проанализировав входные суждения, выдает сообщение об ошибке

«Err: Учетверение или равенство терминов», а компонент Содержание терминов уточняет, что данный силлогизм не имеет решения вследствие неопределенности его универсума.

В заключение следует обратить внимание не только на прикладное, но и на фундаментальное значение данной статьи. По существу в ней заложены основы компонентного математического моделирования в электронных таблицах, которое, насколько нам известно, раньше нигде и никем не использовалось. Поэтому изложенные здесь результаты представляют несомненный интерес не только для преподавателей формальной логики, но и для всего мирового сообщества квалифицированных пользователей электронных таблиц.

Литература

- Игошин В.И. Математическая логика: учеб. пособие / В.И. Игошин – М.: ИНФРА-М, 2012. – 399 с. +CD-R.
- Гетманова А.Д. Логика для юристов. Со сборником задач: учебное пособие / А.Д. Гетманова. – М.: КНОРУС, 2012. – 344 с.
- Абачиев С.К. Формальная логика с элементами теории познания: учебник / С.К. Абачиев. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 635 с.
- Кэрролл Л. История с узелками // Под ред. Я.А. Смородинского. – Пер. с англ. – М.: «Мир», 1973. – 408 с.
- Гецци К. Основы инженерии программного обеспечения / К. Гецци, М. Джазайери, Д. Мандриоли. – 2-е изд: пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 832 с.
- Аникин В.И. Технологии имитационного табличного моделирования численных алгоритмов: Монография / В.И. Аникин, О.В. Аникина,

- П.Ф. Зибров. – Тольятти: ТГУ, 2011. – 150 с.
8. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
 9. Аникин В.И. Алгоритмическое табличное моделирование в Microsoft Excel: итерационные модели / В.И.Аникин, О. В. Аникина. - «Информатика и образование», 2009. - №9. - с. 88-95.

Лавров Е.А.

Сумский государственный университет, профессор, prof.lavrov@mail.ru

Интегрированная АСУ в университете: методология обеспечения эффективности и эргономического качества

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Интеграция, АСУ, университетская деятельность, эргономическое качество, информационная система

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрены тенденции развития и проблемы интегрированных систем обеспечения университетской деятельности. Предложена универсальная среда для информационной системы университета. Проведен анализ резервов эффективности информационных систем управления деятельностью университета. Предложена функциональная структура системы обеспечения эргономического качества.

1. Введение. Созданная коллективом авторов под техническим руководством к.т.н. Клименко А.В. и апробированная нами в ряде вузов Москвы, Белгорода, Винницы, Харькова, Житомира, Кременчуга, г. Сумы информационная система является надежной платформой информатизации университетов [1-2].

Система является лидером по количеству подсистем, автоматизированных функций и механизмов адаптации под реальную образовательную среду.

Свидетельством эффективности решений является конкурентный выбор и успешная эксплуатация системы в ведущих вузах, например в МГУ им. М.В. Ломоносова, а также интерес к ней в зарубежных вузах.

Более, чем 20 летний опыт реализации проектов информатизации, позволил разработать шкалу вузов с позиций перспективности “возможной выгоды от информатизации”.

Сегодня практически каждый ректор говорит об успехах кибернетизации вузов и дистанционного образования, однако для многих - это просто дань моде и, кроме красивых схем и колоссальных затрат, такая информатизация ничего не дает. Неэффективная информационная система и ненужная интерактивная доска намного более вредны для образования, чем даже старый бумажный учебник и нерадивый преподаватель.

Для передовых вузов (их немного), осуществивших за два десятилетия колоссальный прорыв, наступает период “насыщения” и переосмысления стратегий опережающей адаптации к вызовам прогресса.

2. Проблемы и перспективные задачи информатизации

Сегодня (в разных вузах с разной степенью “запущенности”) не преодолен принцип “лоскутности”: одновременно эксплуатируются несколько информационных систем, каждая в интересах “своего” подразделения, а иногда – и несколько систем в интересах одного подразделения.

Например, известны случаи, когда подсистема “Приемная комиссия” ведется параллельно в разных средах (одна “для себя”, другая – для “министерства”) и т.п.

Часто приходится быть свидетелем защиты бакалаврских и магистерских работ, посвященных разработке информационных систем для кафедры, деканата, отдела кадров.

Если подсчитать, то по стране защищается десятки таких работ.

Может ли быть актуальной и эффективной такая разработка в то время, когда в вузе задекларирована и “эффективно функционирует компьютерная система управления”, в которой уже реализованы указанные функции?

По нашим исследованиям 92 процента вузов не только не преодолели проблему “лоскутности”, но и гордятся количеством “как снежный ком” нарастающего количества разнородных подсистем.

Экономическая эффективность такого рода информатизации крайне низка.

Таким образом, наш многолетний опыт позволяет сформулировать тезис: *Информационная система университета может быть эффективной, если она удовлетворяет требованиям:*

- *T1-Интегрированности*
- *T2-Адаптивности*

T1. Интегрированность

Интегрированная АСУ (ИАСУ) отличается методикой построения, обеспечивающей согласованное достижение целей, каждая из которых не может быть достигнута за счет локального использования отдельных видов АСУ. В машиностроении ИАСУ включает в себя:

- САПР (проектирование);
- АСТПП (технологическая подготовка);
- АСУП (организационное управление);
- АСУТП (технологическое управление).

Аналогичные процессы должны быть автоматизированы и в системе управления вузом, которая в общем случае состоит из двух глобальных подсистем: «Управление вузовской деятельностью», «Управление собственно процессом обучения».

Таким образом, в интегрированной АСУ:

- обе глобальные подсистемы должны быть реализованы в рамках единой системы;

- комплексная информатизация должна охватывать все этапы жизненного цикла всех функциональных элементов всех подсистем. Некоторые принципы и технические решения, обеспечивающие свойство интегрированности приведены в [1-2].

T2. Адаптивность

Требование адаптивности актуально в связи с пиком массовости использования электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Дистанционное обучение для многих вузов – один из основных путей решения экономических проблем и конкурентного развития. В связи с этим необходима многоуровневая (контентная, дизайн-эргономическая и т.п.) аттестация и формирование банков ЭОР.

Существенные характеристики обучаемых и среды должны быть оперативно учтены при выборе конкретного ЭОР и технологии его использования. Проблемными вопросами адаптации являются:

- Построение и ведение модели обучаемого (цели и задачи, мотивация, уровень подготовленности, психофизиологические характеристики, состояние, предпочтения по типу диалога и модальности информации);
- Построение модели среды (ресурсное обеспечение, характеристика программно-технических средств, ограничения);
- Реализация адаптации по :
 - 1.Модальности
 - 2.Типу диалога
 - 3.Сложности материала
 - 4.Технологии обучения и самоконтроля
 5. др.

Некоторые рекомендации по проектированию механизмов адаптивного обучения разработаны в [3-11].

Качественный анализ перспектив эффективности информационный системы в вузе приведен в табл.1.

Таблица 1. Требования к информационной системе вуза

Требование	Резервы эффективности (при выполнении)	Риски (при невыполнении)
Интегрированность	• Высокая окупаемость вложений в информатизацию • Отсутствие дублирования информации • Непротиворечивость данных • Высокое качество управления	• Отсутствие единого информационного пространства • Низкое качество аналитического обеспечения управления вузом
Адаптивность	• Многовариантность форм обучения • Высокая популярность электронного обучения	• Утрата контингента • Низкое качество обучения

	• Расширение контингента • Высокая рентабельность	
--	--	--

3. Методология системы обеспечения эргономического качества

Автоматизированный университет по сути становится полиэргатической информационной системой с разными типами операторов (управленцы, администраторы, тьюторы, обслуживающий персонал, обучаемые и др.).

Несмотря на огромные достижения на пути кибернетизации вузовского дела налицо и множество новых проблем, например:

- управленцы все чаще не справляются с потоками информации и работают практически в условиях стресса;
- разработчики электронных обучающих модулей и дистанционных курсов понятия не имеют об эргономическом обеспечении обучения, юзабилити и т. п.;
- обучаемые отказываются работать с «неадаптивными» электронными ресурсами;
- и т.п.

Программа обеспечения эргономического качества должна для сложной системы предусматривать комплекс мероприятий для всех этапов жизненного цикла [7].

К сожалению, в отличие от традиционных АСУ [8], для систем университетской автоматизации (что, очевидно, связано с быстрым прорывом и "прогрессом") системный подход к управлению эргономическими резервами не выработан. Часто "количество электронных ресурсов и средств не переходит в качество".

Анализ решаемых задач позволяет выделить два крупных типа проблем информатизации в вузе:

- управление вузовской деятельностью (U1);
- управление собственно процессом обучения (U2).

Каждый этап жизненного цикла существования программных и информационных продуктов для обучения и управления вузом (каждой задачи каждой подсистемы) требует системно-эргономического

- описания,
- оценки,
- выбора средств обеспечения эргономического качества.

Очевидно, что (в зависимости от масштаба вуза) необходимы отдельные эргономические подразделения или группы в составе служб информатизации, которые профессионально занимались бы проблемами эргономического качества.

Такие службы должны обеспечивать задачи типа U1 и U2.

Поскольку это разного рода проблемы, очевидно, что это в идеале должны быть совершенно разные службы.

Примерный круг вопросов и задач, которые должны быть положены

на подразделения.

TaskU1:

- внедрение единой среды вуза на основе системы "распределенных полномочий", исключение самой возможности "Лоскутной автоматизации" [1-2];
- определение рациональных уровней автоматизации по каждой задаче [1];
- рациональное распределение полномочий между исполнителями [1];
- оптимальное конфигурирование среды на рабочих местах операторов с учетом индивидуальных особенностей и функциональных задач;
- эргономическая экспертиза решений (рабочего места, интерфейсов, напряженности деятельности, режимов труда и отдыха и т.п.) [7];
- определение оптимальных технологий для всех режимов функционирования (штатных и нештатных) [1-2];
- другие.

TaskU2:

- разработка эргономических и дизайн требований к электронным учебным модулям [5];
- эргономическая экспертиза электронных учебных модулей [4,5,9,10];
- эргономическая модернизация существующих электронных учебных модулей [5];
- разработка рекомендаций по обеспечению индивидуальных траекторий обучения [2,5,6];
- разработка и обеспечение функционирования средств контроля текущих параметров операторов в системе "Студент-обучающая среда" [11];
- эргономическое проектирование механизмов адаптации обучающей среды к предпочтениям, текущим параметрам и особенностям студента и среды [12,13,14];
- эргономическое обеспечение реализации технологии "интеллектуальных агентов" [15];
- другие.

Большинство вопросов требуют в общем случае научного обоснования и разработки действенных механизмов практической реализации.

Некоторые работы, которые могут быть полезны соответствующим службам, указаны в конце пунктов.

Апробация

Методология использовалась в процессе реального реинжиниринга и внедрения системы "Компьютерное управление вузом" [1,2] в более, чем 20-ти вузах Украины и России (Москва, Белгород, Харьков, Сумы, Винница, Житомир и др.).

Выводы

1. Университет является сложной полиэргатической системой.
2. Реальная эффективность автоматизированного управления университетом может быть достигнута путем обеспечения свойств интегрированности, эргономичности, адаптируемости
3. Имеющийся опыт разработки и внедрения системы компьютерного управления вузом позволил :
4. рекомендовать базовую информационную систему для университета [1,2];
5. определить методологию организации системы обеспечения эргономического качества.
6. В структуре университета должна быть создана специальная служба обеспечения эргономического качества

Литература

1. Лавров Е.А., Клименко А.В. Компьютеризация управления вузом. – Сумы: “Довкілля”, 2005. – 307с.
2. Лавров Е.А., Клименко А.В., Палт М.В., Трубников Ю.В. Система компьютерного управления университетом. – М: Экономический факультет МГУ им. Ломоносова, ТЕИС, 2005. – 32с
3. Картузов А. В. Сервисно-ориентированная модель информатизации управления образованием // Казанский педагогический журнал -2008. –N.7 .-С. 106-112.
4. Lavrov E., Barchenko N. THE SYSTEM FOR PROVIDING OF ERGONOMIC QUALITY OF e-learning // Materials International Scientific Conference “UNITECH 2011” is organized by the Technical University of Gabrovo , 18-19 November 2011, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House “V.APRILIOV”, 2011. – Т. 1. - Р.р 436-44
5. Lavrov E., Kupenko O., Lavryk T., Barchenko N. Organizational Approach to the Ergonomic Examination of E-Learning Modules // Informatics in Education. – 2013. – Vol. 12, No. 1. – P. 107-124
6. Lubchak V., Kupenko O., Kuzikov B. Approach to Dynamic Assembling of Individualized Learning Paths // Informatics in Education. – 2012. – Vol. 11, No. 2. – P. 213-225
7. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник /А.Н. Адаменко, А.Т. Ашероу, И.Л. Бердников, П.И.Падерно и др.; Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. - М.: Машиностроение, 1993. - 528 с.
8. Лавров Е.А., Пасько Н.Б. Анализ предметной области «Эргономическое качество полиэргатических систем обработки информации и управления » // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, серия Информационно-управляющие системы. - 2/9 (56). 2012 - С. 63-69
9. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Эргономическая оценка веб-сайтов учебного назначения // Електронні засоби та дистанційні технології для навчання протягом життя : тези доповідей VIII Міжнародної науково-методичної конференції, 15-16 листопада 2012 р., м. Суми— Суми : СумДУ, 2012. — С. 41-42
10. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Модель для эргономической экспертизы электронных учебных модулей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер.Инф. Технологии. Харьков, 2010 - 2/8 (44) - С. 53-57.
11. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Измерение параметров оператора для систем эргономического обеспечения обучающих сред //Вісник Сумського національного аграрного університету, Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів », №2 (23) - Суми, 2011- С. 114-117
12. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Проблемы адаптации в человеко-машинных обучающих системах// Вісник Сумського національного університету. Сер. “Механізація та автоматизація виробничих процесів”. – Суми: СНАУ, 2005. - Вип. 11(14). – С. 73-83 .
13. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Поход к практической реализации адаптации в обучающих человеко-машинных системах //Вісник СНАУ, серія “Механізація та автоматизація

виробничих процесів” – Суми: СНАУ, 2008, Вип. 3(19)-2008. С.159-165.

14. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Подход к выбору типа диалога для адаптивных обучающих систем «человек-компьютер» на основе анализа предпочтений оператора// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы управления. -Харьков, 2009 - 3/4 (39) - С. 45-49.
15. Лавров Е.А., Барченко Н.Л. Подход к созданию интеллектуального агента для системы эргономического обеспечения электронного обучения //Сучасні інформаційні системи і технології : матеріали Другої міжнародної науково-практичної конференції, м. Суми, 21–24 травня 2013 р.– Суми : Сумський державний університет, 2013 – С.93-94

Сошников Д.В.¹, Кириленко Я.А.², Полозов В.С.³

¹ НИУ ВШЭ/МАИ, доцент, Майкрософт Россия, эксперт по разработке ПО,
dmitri@soshnikov.com

² СПбГУ, ст.преп., jake@math.spbu.ru

³ СПбГУ, ст.преп., victorp@math.spbu.ru

Опыт использования языка F# в преподавании в российских университетах

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

F#, функциональное программирование, МАИ, НИУ ВШЭ, СПбГУ, Visual Studio, Haskell.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассказывается про молодой мультипарадигмальный язык программирования F# и про опыт его использования в преподавании курсов программирования (в особенности функционального программирования) в нескольких российских вузах.

F# - сравнительно молодой мультипарадигмальный язык программирования, который менее, чем за 10 лет своего существования приобрел существенную популярность. Статья описывает опыт использования F# при преподавании различных дисциплин на кафедрах системного программирования СПбГУ, управления разработкой программного обеспечения НИУ ВШЭ и вычислительной математики и программирования МАИ.

О языке F#

Язык F# первоначально был создан в Microsoft Research как попытка реализации функционального языка программирования на платформе Microsoft .NET. Примерно в то же время существовали реализации SML.NET и даже Haskell, но вскоре стало очевидным, что для полноценной интероперабельности с .NET необходимо создание энергичного функционально-императивного языка на основе объектно-ориентированной модели .NET – и появился язык F#. За основу F# был взят популярный функциональный язык OCaml.

В 2010 г. язык сменил статус с исследовательского на промышленный и был включен в состав Visual Studio 2010. В настоящее время разработкой языка занимаются исследовательская группа в Microsoft Research Cambridge (во главе с создателем языка Доном Саймом) и продуктовая группа в штаб-квартире Майкрософт в Редмонде. Включение языка в промышленную среду разработки ПО Visual Studio положила начало существенному росту популярности языка – на данный момент в индексе популярности языков программирования TIOBE index он занимает 24 место, опережая Common

Lisp (33 место), Scheme (35 место), Scala (36 место), Prolog (38 место), Erlang (43 место) и Haskell (46 место).

Особенности использования F# в преподавании

Будучи мультипарадигмальным языком, F# тем не менее позиционируется как преимущественно функциональный язык, имеющий восходящий к семейству языков ML синтаксис, апеллирующий к профессиональному сообществу функциональных программистов. Поэтому имеет смысл рассматривать F# в преподавании языков программирования в вузе в двух контекстах:

1. Как базовый язык или один из языков (наряду с Haskell или LISP) в преподавании курсов функционального программирования (соответствующий опыт есть в НИУ ВШЭ, МАИ и ряде других вузов)
2. Как базовый язык для преподавания всего цикла дисциплин программирования (такой опыт есть в СПбГУ, он больше всего походит на использование Scheme или Python в качестве базового языка в MIT, см., например, [2])

В первом случае имеет смысл концентрироваться на функциональных аспектах языка, не излагая студентам императивные конструкции языка и даже запрещая их использование, во втором – мультипарадигмальность языка как раз позволяет изложить на основе одного синтаксиса весь спектр используемых понятий, в то же время приучая студентов к хорошему преимущественно-функциональному стилю программирования.

Мультипарадигмальность языка

Язык F# позволяет обучать различным парадигмам программирования. Императивная, функциональная, объектно-ориентированная, событийно-ориентированная — все они легко демонстрируются на простых кратких примерах. Конечно, если давать F# как второй язык после традиционных императивных языков (C, C#), есть опасность “скатывания” в императивную парадигму. Как решение данной проблемы, предлагается следить за качеством кода, что обязательно происходит, когда язык используется на практикуме по программированию - тогда можно своевременно пресекать пагубную практику и помогать студентам решать задачи в более естественном для F# стиле. Кроме того, правильно выстроенная программа от простых задач, ориентированных на знакомство с подходом и базовыми конструкциями, сильно помогают студентам отстраниться от императивного стиля.

При использовании F# как первого языка, рекомендуется начинать с функциональной парадигмы. Чем раньше познакомить студентов с ФП - тем меньшим шоком для них потом будет, что программы можно писать кратко, ёмко и красиво.

Наличие инструментов разработки

Для F# существует множество инструментов разработки. На платформе Windows естественным выбором становится Visual Studio 2010-2013, которая доступна студентам по программе DreamSpark [3]. Для UNIX-

подобных систем (включая MacOS X) хорошим выбором будет среда MonoDevelop, включающая в себя F# в базовой поставке. Также возможно использовать свободно-распространяемые среды разработки в интеграции, например, с текстовым редактором emacs. Наконец, возможно использовать подавляющее большинство возможностей языка и среды непосредственно через браузер в проекте <http://tryfsharp.org>.

Наличие учебных материалов

В настоящее время по языку F# имеются две русскоязычные книги [4] и [5], а также множество хороших англоязычных книг [6-10]. Кроме того, имеется курс видео-лекций одного из авторов в интернет-университете информационных технологий ИНТУИТ [11], построенных по мотивам преподавания курса функционального программирования на факультете Инноваций и высоких технологий (ФИВТ) МФТИ.

Книга одного из авторов статьи [4] представляет собой краткое изложение идей функционального программирования на основе языка F#, а также содержит много рецептов практического использования языка для решения различных задач – от анализа и графического представления данных до создания веб-приложений и приложений для Windows Phone. Книга [5] является переводной, представляет собой полное и исчерпывающее изложение синтаксиса и возможностей F# и рекомендуется как дополнительное справочное пособие. Кроме того, можно воспользоваться имеющимся в электронном виде пособием по языку OCaml [12].

Ни одна из описанных книг не является учебником по функциональному программированию в академическом смысле этого слова, поэтому для изложения теории необходимо будет воспользоваться другими материалами, например, классическим сборником [13] (на основе которого были разработаны курсы функционального программирования в МФТИ и НИУ ВШЭ).

Опыт использования F# в СПбГУ

Педагогические традиции и подход кафедры системного программирования СПбГУ диктуют особые требования к методике изучения языка программирования и накладывают ограничение на его выбор. Необходимо готовить практикующих программистов, способных решать поставленные задачи, оптимально выбирая соответствующие средства. В случае ограничения в выборе языка, библиотек, платформы, выпускники должны уметь быстро включиться в разработку проекта, максимально используя возможности доступного инструментария.

Поэтому в преподавании особое место отводится изучению фундаментальных основ языков программирования и выработке навыков их использования. В том числе, студенты учатся различным парадигмам программирования, изучают основные алгоритмы и структуры данных с разных точек зрения. Разнообразие преподаваемых парадигм и языков используется для развития навыков сравнительного анализа.

Примерно с 1998 г и до сих пор на кафедре системного программирования в исследовательских проектах используется язык программирования Objective Caml. Поэтому появление F# в первых курсовых работах в начале 2007, когда .NET 2.0 доказал себя успешной промышленной платформой разработки, было вполне естественным.

Первый курс по выбору появился на кафедре в 2008/2009 учебном году и быстро завоевал интерес студентов, просуществовав 5 лет до реорганизации учебных планов и гармоничного внедрения F# в основные дисциплины. Курс сыграл важную роль в популяризации языка программирования среди студентов, увеличилось количество студентов, выбирающих язык F# как средство курсовой работы.

В период 2006-2011 раздел “Функциональное программирование” в рамках дисциплины “Основы программирования” преподавался на Haskell, но с появлением отдельного курса по функциональному программированию в учебном плане нового направления 231000 “Программная инженерия” на практике у младших курсов освободились часы, которые успешно занял мультипарадигмальный F#.

На сегодняшний день на кафедре системного программирования СПбГУ F# используется как второй (после языка C) язык программирования на направлении 231000 “Программная инженерия”, где с его помощью преподаются объектно-ориентированная парадигма и первые примеры использования функциональной парадигмы. На других направлениях подготовки F# занял место первого или второго языка программирования и служит, зачастую, единым инструментом для преподавания различных аспектов. Примечательно, что язык программирования является одной из причин выбора исследовательского проекта, когда студенты ищут, где применить себя, где делать курсовую работу. Количество курсовых работ и проектов, написанных на F# ежегодно растёт.

На данный момент два проекта кафедры системного программирования используют F# как основной язык:

- YaccConstructor — исследовательская и промышленная платформа для построения генераторов синтаксических анализаторов, парсеров и работы с грамматиками. В рамках проекта было выполнено много различных курсовых и квалификационных работ, одна магистерская, запланированы две кандидатские.
- Brahma.FSharp — встраиваемый в F# язык для работы с OpenCL (для выполнения вычислений на видеокартах). Ориентирован на промышленное применение, но может стать удобным инструментом преподавания метапрограммирования, генеративного программирования и практики прикладного использования массово-параллельных архитектур.

Благодаря YaccConstructor, в рамках коммерческого проекта по миграции кредитной системы ведущего отечественного банка был успешно

разработан на F# транслятор Microsoft T-SQL в Oracle PL/SQL. Автор проекта Brahma.FSharp стал лауреатом конкурса У.М.Н.И.К, в течение года ожидается внедрение данной технологии в коммерческой компании. Кроме того, оба эти проекта являются свободным программным обеспечением, представлены международному сообществу F# программистов и заслужили положительные отзывы.

Как видно, заслуженную популярность у студентов F# получил не только за ауру академичности, а за практичность. Именно поэтому, когда весной 2013 на кафедре системного программирования начался образовательный эксперимент с использованием робототехнических моделей для обучения системному программированию и цифровой обработке сигналов, одним из первых языков прикладного программирования, которые были запущены на новом кибернетическом контроллере ТРИК по собственной инициативе студентов, стал именно F#.

Использование F# в курсах функционального программирования МФТИ и НИУ ВШЭ

Внедрение языка F# в учебный процесс ФИБТ МФТИ началось в 2008 г., когда на факультете впервые был прочитан курс «функциональное программирование», основанный именно на этом языке. За основу курса был взят классический сборник [13], при этом все примеры проиллюстрированы на F#. При выборе языка основным мотивом использования F# являлась есть практическая направленность и возможность использования его в реальных проектах совместно с другими языками платформы .NET, а также большая естественность энергичного языка для студентов, изначально знакомых с императивной парадигмой. В курсе также было предусмотрено обязательное знакомство студентов с языками Haskell и LISP.

В дальнейшем курс функционального программирования читался на факультете бизнес-информатики НИУ ВШЭ (направление программной инженерии), элементы курса были использованы на факультете Прикладной математики МАИ в курсе «Логическое и функциональное программирование».

За время существования курсов студенты выполняли ряд учебных и научно-исследовательских проектов на основе F#:

1. Совместный проект МФТИ-МАИ по созданию управляемого квадрокоптера использовал F# и технологию метапрограммирования для построения предметно-ориентированного языка (DSL) управления квадрокоптером на основе распознанного изображения. Проект был представлен на конкурсе Imagine Cup.
2. Выпускной проект НИУ ВШЭ по созданию среды параллельных вычислений задач класса parametric sweep на облачном кластере Windows Azure. В рамках проекта была создана платформа для распараллеливания и удаленного выполнения в облаке фрагментов метапрограммы на F#, сам проект был также реализован на F#.

включая облачную и графическую подсистемы.

3. Исследовательская работа лаборатории MAILabs и Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (ГЦОЛИФК) по использованию Kinect в контроле показателей физического развития школьников.
4. Курсовой проект НИУ ВШЭ по построению графа зависимостей персонажей по тексту литературного произведения.

Плюсы и минусы использования F#

Хотелось бы отметить следующие положительные моменты использования F# в учебном процессе вуза:

1. Индустриальный язык программирования. Студенты понимают, что смогут начать использовать его на практике, при этом при грамотном изложении удастся добиться компромисса между практичностью и академизмом курса.
2. Использование полноценной платформы Microsoft .NET – доступны BCL, FCL, и всё, что нужно для написания приложений “профессионального” уровня. Промышленная платформа для профессиональной разработки, которую всё равно стоит изучать.
3. F# приучает форматировать код - плохо отформатированный код не работает
4. Очень удобно преподавать основы асинхронного/параллельного программирования - хорошие выкоуровневые концепции, но без низкоуровневых трудностей. Легко показывать параллелизм по данным, но можно и concurrent tasks, и различные примитивы синхронизации. Тоже самое касается и реактивного программирования.
5. F# поддерживает интерпретативный режим работы (REPL), что позволяет намного проще демонстрировать примеры и создавать проекты в итеративном стиле. При этом существуют удобные средства немедленной визуализации данных (FSharp.Charting), что позволяет решать задачи обработки и визуализации данных прямо из Visual Studio практически с простотой сред типа MatLab, но при этом находясь в профессиональной эффективной среде разработки
6. На базе F# можно демонстрировать инновационные концепции дизайна языков программирования, такие, как провайдеры типов. В целом, F# рассматривается Майкрософт как передовой язык для введения всех инноваций
7. F# удобен как первый язык программирования, поскольку студентам при поступлении в вуз надо “сломать мозг” чем-то необычным, чтобы они не думали, что все знают сами
8. При использовании F# также следует обратить внимание на следующие моменты:
9. По умолчанию язык покрывает не все концепции, например, выпадают динамическая типизация, ручное управление памятью,

низкоуровневое программирование. Но это можно обойти: показать управление ресурсами на синтетических примерах с `use/IDisposable`, работа с кэшем данных видна на примерах прохода по большому массиву с шагом разной длины, недостатки и преимущества динамической типизации можно показать на объектах с использованием оператора вызова по имени (`myObject? DynamicallyResolvedProperty`)

10. Высокий уровень декларативности, зачастую скрывающий от программиста детали реализации - для новичка неочевидно, как выполняется код, что эффективно, а что нет. Но методически полезно научить студентов с первых дней пользоваться декомпилятором `ILSpy`, чтобы смотреть, во что реально превращаются функциональные вызовы.
11. Часто F# воспринимается как проприетарный язык программирования только для Windows и платформы .NET – необходимо вести образовательную работу среди студентов, рассказывая про открытость языка и наличие независимого сообщества <http://fsharp.org>.
12. Документация MSDN касательно F# пока отстает от более классических языков (C#/VB), однако вокруг F# существует сильное сообщество, поэтому ресурсы типа `stackoverflow` приходят на помощь
13. F# не воспринимается как мейнстрим, хотя в TIOBE Index обходит многие популярные языки, включая Erlang, Scheme, Scala и Haskell. У студентов регулярно возникают вопросы и мифы, которые надо развеивать. И на лекциях, и на практике уделяется отдельное время на их развенчание, включая такие популярные как “F# функциональный, значит академический и бесполезный”.

Заключение

Ни один язык программирования не может быть объективно назван единственно удачным инструментом. Если бы так было, не было бы такого разнообразия в промышленном программировании. Точно так же нет идеального языка для преподавания, но F# — это однозначно удобный инструмент, который мы с готовностью рекомендуем. Сложно сказать, что именно покажется полезным и удобным в данном языке, а что будет мешать при преподавании конкретных дисциплин, однако он стоит того, чтобы обязательно попробовать.

Литература

1. <http://www.tiobe.com/index.php/content/paperinfo/tpci/index.html> - TIOBE Programming Community Index, October 2013
2. Sussman G., Abelson H., Sussman J. Structure and interpretation of computer programs //The Massachusetts Institute of Technology. – 1985. – Т. 10.
3. <http://dreamspark.ru>
4. Сошников Д.В. Функциональное программирование на языке F#. - М.: ДМК Пресс, 2011.
5. К. Смит. Программирование на F# / Пер. с англ. А. Киселев. – М.: Символ-Плюс, 2011.
6. D.Syme, A.Granicz, A.Cisternio. Expert F# 2.0. Apress, 2010.

7. T.Neward, A.Erickson, T.Crowell, R.Minerich. Professional F# 2.0. Wiley Publishing, 2011.
8. T.Petricek, J.Skeet. Real World Functional Programming: With Examples in F# and C#. Manning Publications, 2010.
9. R.Pickering, Beginning F#, Apress, 2009.
10. J.Harrop, F# for Scientists, Wiley Publishing, 2008.
11. Сошников Д.В. Видео-курс «Функциональное программирование». Интернет-университет информационных технологий ИНТУИТ.РУ. <http://bit.ly/funcprovideo>
12. E. Chailloux, P. Manoury, B.Pagano. Développement d'applications avec Objective Caml. O'Reilly, 2000. Русский перевод: <http://shamil.free.fr/comp/ocaml/>
13. Филд А., Харрисон П. Функциональное программирование. – М.: Мир, 1993.

Егоров Ю.С.¹, Алипова Н.А.²

¹ Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева, ассистент кафедры «Электроника и сети ЭВМ», ckar@list.ru

² Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева, ассистент кафедры «Электроника и сети ЭВМ», alipovana@mail.ru

Кластеризация учебного контента и построение сетевой модели изучаемой предметной области

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Тезаурус, контент, индексирование, базис, мера близости, кластеризация, карты Кохонена, сеть знаний, траектория обучения.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматривается подход к проектированию информационно-обучающих систем, а так же к представлению учебно-справочных материалов в таких системах. Предложена процедура автоматической индексации фрагментов учебного контента с последующей их кластеризацией, а так же процедура формирования сети знаний на основе построенных индексов.

Ценность информации, определяемая в рамках прагматического подхода, напрямую зависит от преследуемой цели. Чем в большей мере информация помогает достижению цели, тем более ценной она считается [1]. В отличие от шенноновского определения количества информации, передаваемой по каналам связи, ценность проявляется в результате рецепции и, следовательно, непосредственно с ней связана. Другими словами, ценность информации зависит так же и от уровня подготовки, предшествующего запаса информации – тезауруса. Эта зависимость наглядно проиллюстрирована в [2] на примере ценности учебника высшей математики. Его ценность не велика как для дошкольника, так и для профессора математики, т.к. дошкольник не обладает необходимыми базовыми знаниями (тезаурусом), для восприятия предложенной информации, а профессор не обнаружит для себя в данном материале ничего нового. Максимальной ценностью эта информация обладает для студентов того курса ВУЗа, для которых она предназначена.

Если перед обучающимся ставится задача освоения того или иного нового материала, то бывает затруднительно самостоятельно определить какими базовыми знаниями, например, терминологическим запасом, нужно обладать, чтобы успешно воспринять новую информацию. Кроме того, часто возникает задача выбора какими именно материалами из предложенных воспользоваться и в каком порядке их изучать. Отдельно стоит вопрос на какую «глубину» нужно ознакомиться с материалом –

получить самые общие сведения по заданной тематике, или же подробно разобраться в определенном круге вопросов. Подобные задачи возникают у студентов при изучении нового для них материала в рамках самостоятельной работы или дистанционного образования, особенно, если для этого используется электронный учебный контент, представленный на том или ином образовательном ресурсе. Ту же задачу решают преподаватели ВУЗа, формирующие тематические планы дисциплин, которые могут представляться как тематические карты.

С развитием компьютерных и web- технологий все более широкое применение находит электронный (удаленный) режим обучения. Однако, в большинстве случаев, реализация такого режима обучения основана на обеспечении обучающегося большим объемом статических электронных ресурсов без учета способностей обучающегося и без поддержки активного учебного процесса.

В работе [4] делается предположение, что обучающийся, активно заинтересованный в учебном процессе, с большей вероятностью достигнет успеха. Авторами вводится термин «Конструктивистское обучение» (от англ. constructivist learning), как подход, направленный на активный и исследовательский процесс обучения, ориентированный на обучающегося, учитывающий цель обучения, а так же личностные особенности обучающегося. Для эффективной реализации конструктивистского обучения предлагается подход к проектированию информационно-обучающей системы, базирующийся на Web и агентных технологиях.

Для управления учебными ресурсами может применяться семантическая модель сети знаний, основанная на онтологиях и тематических картах (рис. 1).

Модель сети знаний включает в себя следующие элементы [4].

1. Темы представляют элементы знаний. Каждая тема имеет дополнительные атрибуты, такие как принадлежность к категории и т.д.

2. Связи определяют отношения между темами, включая генерализацию, агрегацию и ссылки, например, причинно-следственные связи, аналогии и т.д.

3. Учебные материалы. Каждая тема может быть связана с одним или более учебными материалами и описывается фреймом, состоящим из $(J+1)$ элементов: $O_i = (URI_i, P_{ij}, j=1..J)$, где URI_i - адрес элемента O_i , P_{ij} – значение j -того атрибута O_i . Атрибутами могут быть ключевые слова, тип элемента, педагогическое назначение, уровень сложности и т.д.

В рамках информационно-обучающих систем адаптивные учебные курсы (индивидуальные траектории обучения) могут быть сгенерированы на основе онтологии, связей между темами и профиля обучающегося. В ответ на запрос, сформированный обучающимся и отражающим цель обучения, информационно-обучающей системой генерируется индивидуальная траектория, направляющая обучение в соответствии с его целью. Для этого выбираются темы, соответствующие цели обучения.

Возможно расширение списка выбранных тем исходя из связей между ними, содержащимися в сети знаний. Затем, на основе профиля обучающегося, осуществляется выбор элементов знаний (материалов), в недостаточной мере изученных обучающимся, и формируется последовательность изучения материалов с гибкой структурой навигации. В результате планируется формировать структуру учебного контента, представляющую собой индивидуальную траекторию обучения, формирующую индивидуальное образовательное пространство обучающегося.

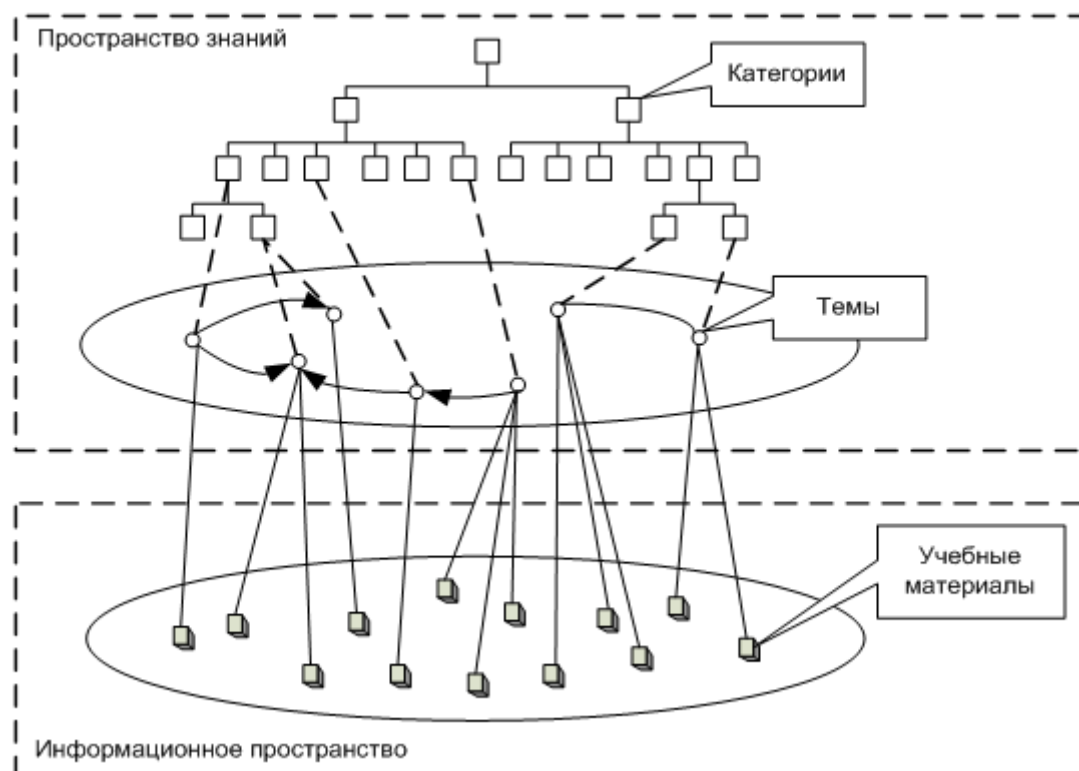


Рис.1. Модель сети знаний

Частичная автоматизация перечисленных задач достигается за счет применения различных систем анализа текстов, осуществляющих извлечение индекса текста, автоматическое формирование рубрик, кластеризацию множества текстов, отнесение текста к рубрике (классификация), сравнение текстов и т.д. Основной из этих функций является индексация, которая может быть реализована в рамках статистического или семантического подходов. Статистический подход позволяет сформировать индекс фрагмента контента на основе анализа частоты встречаемости слов в тексте. Семантический подход основан на использовании заранее сформированного представления предметной области в виде семантической сети. В этом случае проекция исходного фрагмента контента на эту сеть и формирует индекс текста [3].

Задача индексации заключается в построении индексов учебных материалов, являющихся фрагментами разнородного контента и

соотнесении этих фрагментов контента с темами.

Решение задачи индексации непосредственно зависит от базиса. Таким базисом может служить вектор терминов, релевантных тезаурусу запроса. Тогда запрос, вводимый обучающимся, должен содержать перечень тем (или терминов), которые планируется освоить. Предложена процедура, позволяющая автоматически формировать тезаурус на основе указания одной наиболее общей (родительской) темы. Так же, необходимо предусмотреть возможность расширения автоматически сформированного тезауруса нужными темами, представленными соответствующими терминами.

По полученному базису выполняется индексация фрагментов контента. Индексом является вектор-строка, отражающая наличие компонентов базиса (терминов) в выбранном фрагменте. Такой вектор может быть построен различными способами:

- 1) отражать наличие термина во фрагменте – бинарный индекс;
- 2) отражать количество вхождений компонента базиса в выбранный фрагмент;
- 3) отражать относительную встречаемость компонентов базиса – частотный индекс.

Для примера выберем фрагменты электронного учебного контента технического ВУЗа по нескольким темам и обозначим их C_n , $n = \overline{1, N}$ (в выбранном примере $N = 8$): «Системы управления базами данных» (C_1 – СУБД), «Базы данных» (C_2 – БД), «Модель данных» (C_3 – МД), «Предметная область» (C_4 – ПО), «Экспертные системы» (C_5 – ЭС), «Корпоративные информационные системы» (C_6 – КИС), «Информационные системы» (C_7 – ИС), «Информационные технологии» (C_8 – ИТ).

Автоматически формируемый тезаурус, содержит термины, соответствующие названиям одноименных статей и расширяется двумя дополнительными терминами: «Реляционная модель» и «MySQL». Таким образом, формируется базис B , содержащий элементы B_m , $m = \overline{1, M}$, являющийся основой для определения индексов фрагментов учебного контента.

Таблица 1. Матрица I бинарных индексов фрагментов контента

I	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}
C_1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
C_2	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1
C_3	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1
C_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
C_5	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
C_6	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0
C_7	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
C_8	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Для индексации строится матрица I (Index), строки которой являются

индексами фрагментов контента, т.е. в столбцах содержатся элементы базиса В, а в строках отражается вхождение элементов базиса в выбранные фрагменты контента C_n . (Таблица 1).

Для решения задачи иерархической кластеризации необходимо задать способ определения близости фрагментов контента. В работе [5] приведены различные методы оценки семантической близости текстов.

Воспользуемся бинарным индексом для визуализации расположения фрагментов контента на плоскости использованием карт Кохонена.

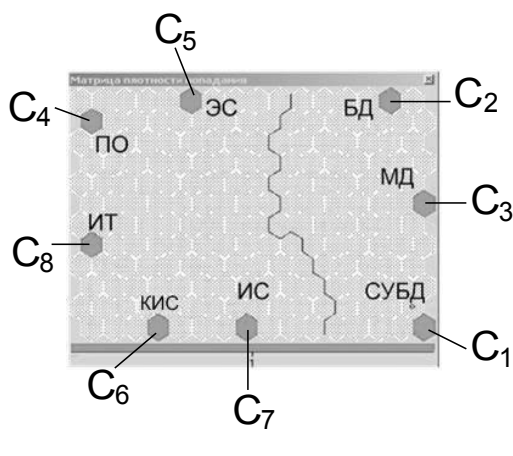


Рис. 2. Кластеризация с применением бинарного индекса

Эффективность освоения учебных материалов, особенно справочного характера, существенно зависит от последовательности их изучения. Имея доступ к большому объему неструктурированных (либо только разделенных по темам) учебно-справочных материалов, для успешного их самостоятельного освоения обучающийся должен сначала определить порядок изучения. При этом полученных ранее знаний должно быть достаточно для изучения каждого следующего фрагмента контента. Для формирования оптимальной траектории обучения необходимы априорные знания о предметной области. Предлагается процедура формирования траектории освоения учебных материалов в информационно-обучающих системах с учетом тематической близости фрагментов контента, основанная на семантической сети фрагментов учебного контента.

Воспользуемся коэффициентом сходства Жаккара [5]:

$$K = \frac{n(A \cap B)}{n(A) + n(B) - n(A \cap B)} \quad (1)$$

где

$n(A)$ – количество элементов множества А,
 $n(B)$ – количество элементов множества В,
 $n(A \cap B)$ – количество элементов множества, образованного пересечением А и В.

Строки матрицы I представляют собой булевы вектора. Наличие элемента базиса в индексе отражается значением 1, отсутствие – 0. Для таких векторов коэффициент Жаккара рассчитывается по формуле

Танимото [5], при этом $n(C_k)$ – количество ненулевых элементов в k -той строке матрицы **I** (таблица 1), а $n(C_n \cap C_k)$ – количество общих элементов в k -той и n -той строках матрицы **I**.

Для рассмотренного примера с использованием матрицы **I** получена квадратная матрица близости **S** (с элементами $K_{n,k}$), симметричная относительно главной диагонали (Таблица 2).

Таблица 2. Матрица близости фрагментов контента C_n

S	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₆	C₇	C₈
C₁	1.00	0.63	0.86	0	0.22	0.38	0.50	0.29
C₂	0.63	1.00	0.71	0.17	0.25	0.25	0.22	0
C₃	0.86	0.71	1.00	0	0.25	0.25	0.38	0.14
C₄	0	0.17	0	1.00	0.25	0	0	0
C₅	0.22	0.25	0.25	0.25	1.00	0.14	0.29	0.20
C₆	0.38	0.25	0.25	0	0.14	1.00	0.50	0.20
C₇	0.50	0.22	0.38	0	0.29	0.50	1.00	0.40
C₈	0.29	0	0.14	0	0.20	0.20	0.40	1.00

Наибольшие значения в матрице соответствуют наиболее тематически близким фрагментам, наименьшие значения – наиболее отдаленным.

На основе индексов фрагментов учебного контента строится граф, являющийся однородной семантической сетью с фрагментами контента в узлах (рис. 3). Отношения в этой сети характеризуются значениям близости фрагментов контента, то есть значениями $K_{n,k}$ матрица близости **S**

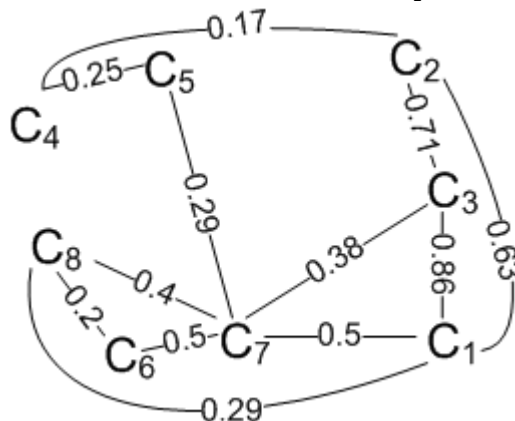


Рис. 3 Семантическая сеть, сформированная на основе индексов фрагментов учебного контента

Для формирования направленных связей между фрагментами контента могут быть применены несимметричные коэффициенты Жаккара (2)

$$K(A; B) = \frac{n(A \cap B)}{2n(A) - n(A \cap B)}; \quad K(B; A) = \frac{n(A \cap B)}{2n(B) - n(A \cap B)}. \quad (2)$$

В этом случае матрица близости S_A (asymmetrical) (с элементами $K(C_n, C_k)$) будет несимметричной (таблица 3).

Таблица 3. Матрица несимметричных мер включения для фрагментов контента C_n

S_A	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
C_1	1	0.556	0.75	0	0.167	0.273	0.4	0.167
C_2	0.714	1	0.714	0.091	0.2	0.2	0.2	0
C_3	1	0.714	1	0	0.2	0.2	0.333	0.091
C_4	0	1	0	1	1	0	0	0
C_5	0.333	0.333	0.333	0.143	1	0.143	0.333	0.143
C_6	0.6	0.333	0.333	0	0.143	1	0.6	0.143
C_7	0.667	0.25	0.429	0	0.25	0.429	1	0.25
C_8	1	0	0.333	0	0.333	0.333	1	1

На основе матрицы несимметричных мер включения и семантической сети фрагментов контента может быть построен ориентированный граф, или сеть знаний, представленная на рис. 4.

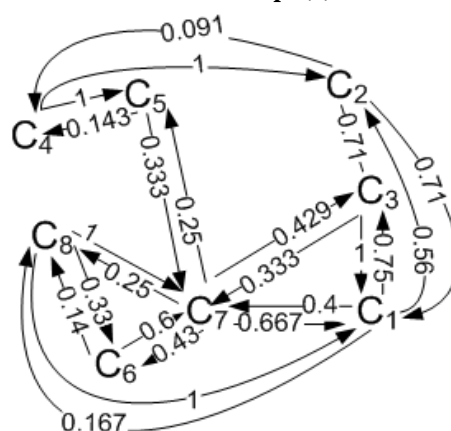


Рис. 4. Сеть знаний

В результате полученная сетевая модель изучаемой предметной области, а так же разбиение её на кластеры, позволят повысить эффективность процесса обучения и, в дальнейшем, станут основой для разрабатываемой процедуры формирования индивидуальных траекторий обучения с учетом запросов пользователя.

Литература

1. Мелик-Гайказян И.В. Информационные процессы и реальность, –М.: Наука. Физматлит, 1998. –192 с.
2. Шрейдер Ю.А. Тезаурусы в информатике и теоретической семантике. // НТИ. Сер. 2, 1971, N3.
3. Харламов А.А. Нейросетевая технология представления и обработки информации (естественное представление знаний). Кн. 4. Монография / Под ред. А.И. Галушкина. М.: Радиотехника, 2006. –88с.: ил. (Научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение», редактор А.И. Галушкин).
4. Hai Zhuge, Yanyan Li. An Open Framework for Constructivist Learning (<http://www.conference.org/www2003/cdrom/papers/poster/p263/p263-zhuge/p263-zhuge.htm>)
5. Нгуен Ба Нгок, А.Ф. Тузовский. Классификация текстов на основе оценки семантической близости терминов // Известия Томского политехнического университета. - 2012.- Т. 320, № 5 – С. 43-48.

Давлеткиреева Л.З.¹, Назарова О.Б.²

¹ ФГБОУ «Магнитогорский государственный университет», заместитель декана по научной работе факультета информатики, к.п.н., доцент кафедры ИС,
ldavletkireeva@masu-inform.ru

² ФГБОУ «Магнитогорский государственный университет», ответственный секретарь приемной комиссии, к.п.н., доцент, зав.кафедрой ИС,
abiturient@masu.ru

***Анализ и обоснование категорий сопровождения
сложных программных средств для жизненного цикла
ИКТ-насыщенной среды вуза***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Сопровождение, сложные программные средства, жизненный цикл, ИКТ-насыщенная среда, корректирующее сопровождение, адаптивное сопровождение, полное сопровождение, профилактическое сопровождение.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматривается длительный и важный этап жизненного цикла ПС – сопровождение, требующего наибольших затрат временных, трудовых и материальных ресурсов, рассматриваются рекомендации, изложенные в международных и национальных стандартах, содержащих положения для оптимальной организации данного этапа. Суть этапа сопровождения – в поддержании ИКТ-насыщенной среды в состоянии, адекватном текущим требованиям сферы образования. Источниками изменений является как законодательство, так и изменяющаяся конкурентная среда.

Для сложных программных систем, предполагающих длительное применение и сопровождение множества версий, существует острая необходимость в регламентировании их жизненного цикла, в формализации и применении профилей стандартов и сертификации качества программ. Использование регламентирующих и нормативных документов делает жизненный цикл программных средств (ПС) более определенным, предсказуемым по структуре, содержанию, качеству и стоимости. Документированность, информативность и понятность определяют состав и качество документации по сопровождению.

Для того, чтобы правильно и эффективно организовать наиболее длительный и важный этап жизненного цикла ПС – сопровождение, требующего наибольших затрат временных, трудовых и материальных ресурсов, необходимо рассмотреть рекомендации, изложенные в международных и национальных стандартах, содержащих положения для

оптимальной организации данного этапа [1]. Для начала необходимо проанализировать трактовку этапа сопровождения в различных стандартах.

Сопровождение программного обеспечения определяется стандартом IEEE Standard for Software Maintenance (IEEE 1219) как модификация программного продукта после передачи в эксплуатацию для устранения сбоев, улучшения показателей производительности и/или других характеристик (атрибутов) продукта, или адаптации продукта для использования в модифицированном окружении. Интересно, что данный стандарт также касается вопросов подготовки к сопровождению до передачи системы в эксплуатацию, однако, структурно это сделано на уровне соответствующего информационного приложения, включенного в стандарт.

В свою очередь, стандарт жизненного цикла 12207 (IEEE, ISO/IEC, ГОСТ Р ИСО/МЭК) позиционирует сопровождение как один из главных процессов жизненного цикла. Этот стандарт описывает сопровождение как процесс модификации программного продукта в части его кода и документации для решения возникающих проблем при эксплуатации или реализации потребностей в улучшениях тех или иных характеристик продукта. Задача состоит в модификации продукта при условии сохранения его целостности.

Международный стандарт ISO/IEC 14764 (Standard for Software Engineering - Software Maintenance) определяет сопровождение программного обеспечения в тех же терминах, что и стандарт 12207, придавая особое значение работам по подготовке к деятельности по сопровождению до передачи системы в реальную эксплуатацию, например, вопросам планирования регламентов и операций по сопровождению.

После передачи ПС в эксплуатацию возникает необходимость в поддержании его работоспособности на уровне требований, закреплённых в техническом задании. Эта задача включает в себя как устранение программных сбоев и ошибок, так и возможное наращивание функциональности. Для упорядочивания данных работ необходимо обратиться к положениям, прописанным в стандартах.

Ряд источников, в частности, стандарт IEEE 1216, определяют три категории работ по сопровождению: корректировка, адаптация и совершенствование. Такая классификация была обновлена в стандарте ISO/IEC 14764 введением четвертой составляющей.

Таким образом, сегодня говорят о четырех категориях сопровождения:

1.Корректирующее сопровождение предполагает изменения, вызванные необходимостью устранения (исправления) фактических ошибок в программном продукте. Корректирующее сопровождение проводят в случае несоответствия программного продукта установленным требованиям.

2.Адаптивное сопровождение связано с необходимостью адаптации программного продукта к изменившейся среде (условиям). Данные изменения связаны с реализацией новых требований к системному интерфейсу, самой системе или техническим средствам.

3.Полное сопровождение определяет изменения по улучшению рабочих характеристик программного средства и его сопровождаемость. Данные изменения могут приводить к предоставлению пользователям новых функциональных возможностей, пересмотру технологии разработки сопровождаемых документов или изменению самих документов.

4.Профилактическое сопровождение направлено на изменения, вызванные необходимостью устранения (исправления) потенциальных (скрытых) ошибок в программном продукте. Профилактическое сопровождение обычно проводят для программных продуктов, связанных с обеспечением или защитой жизни людей.

Сопровождаемость является одним из показателей качества ПС, а также важной характеристикой для заказчика, поставщика и пользователя.

Возможность сопровождения или сопровождаемость программной системы определяется, например, глоссарием IEEE (стандарт 610.12-90 Standard Glossary for Software Engineering Terminology, обновление 2002 года) как легкость сопровождения, расширения, адаптации и корректировки для удовлетворения заданных требований. Стандарт ISO/IEC 9126-01 (Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality Model, 2001 г.) рассматривает возможность сопровождения как одну из характеристик качества.

Сопровождаемость должна быть определена до разработки программного средства, т.е. подготовлено соответствующее соглашение между заказчиком и поставщиком как часть работы «подготовка» из процесса заказа по (ISO/IEC , ГОСТ Р ИСО/МЭК) 12207. Разработчик формирует план сопровождения, в котором должны быть отражены конкретные методы обеспечения сопровождаемости ПС, соответствующие ресурсы и алгоритм выполнения работ.

Качество программного средства является важным аспектом сопровождения программного продукта. Сопроводители должны иметь программу обеспечения качества программного средства, охватывающую шесть характеристик качества, установленных в ISO/IEC 9126. При сопровождении программного средства должен быть реализован соответствующий процесс для определения, описания, выбора, применения и совершенствования методик оценки (измерения) характеристик данного средства.

Для уменьшения стоимости дальнейшего сопровождения, на протяжении всего процесса разработки необходимо специфицировать, оценивать и контролировать характеристики, влияющие на возможность сопровождения. Регулярное проведение таких работ облегчает дальнейшее сопровождение, повышая его сопровождаемость (как характеристику

качества). Добиться этого достаточно сложно, поскольку такого рода характеристики часто игнорируются при разработке.

Как уже рассматривалось ранее, сопровождение ПС является затратным этапом жизненного цикла, для оптимизации работ которого, необходимо применять различные методы по оценке стоимости сопровождения. На стоимость работ по сопровождению оказывает влияние множество различных факторов. ISO/IEC 14764 определяет, что «существует два наиболее популярных метода оценки стоимости сопровождения: – параметрическая модель и использование опыта». Чаще всего, оба этих подхода комбинируются для повышения точности оценки.

Существуют различные методы внутренней оценки продуктивности персонала сопровождения для сравнения работы различных групп сопровождения. Организация, ведущая сопровождение, должна определить метрики, по которым будут оцениваться соответствующие работы. Стандарты IEEE 1219 и ISO/IEC 9126-01 (Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality Model, 2001 г.) предлагают специализированные метрики, ориентированные именно на вопросы сопровождения и соответствующие программы.

Работы по сопровождению должны быть строго регламентированы и описаны, содержать детальные входы и выходы процессов. Эти процессы рассматриваются в стандартах IEEE 1219 и ISO/IEC 14764. Процесс сопровождения начинается по стандарту IEEE 1219 с момента передачи ПС в эксплуатацию и касается таких вопросов, как планирование деятельности по сопровождению. Стандарт ISO/IEC 14764 уточняет положения стандарта жизненного цикла 12207, связанные с процессом сопровождения. Работы по сопровождению, описанные в этом стандарте, аналогичны работам в IEEE 1219, за исключением того, что сгруппированы несколько иначе.

Помимо международных и национальных стандартов, регламентирующих процесс сопровождения информационных систем, рассмотренных выше, существуют различные руководящие документы и внутрифирменные (корпоративные) стандарты, основой которых являются международные стандарты. При этом особое внимание уделяется качеству документации, которое во многом определяет конкурентоспособность программных средств. При создании сложных программных продуктов и обеспечении их жизненного цикла необходимо сделать выборку нужных стандартов и сформировать весь комплект документов, т.е. профиль, обеспечивающий регламентирование всех этапов и работ по сопровождению.

Анализ стадии сопровождения ИКТ-насыщенной среды

Качественное функционирование системы предполагает постоянную адаптацию к изменяющимся бизнес-процессам организации, а также быстрое реагирование на сбои и устранение неполадок.

Сопровождение ИКТ-насыщенной среды включает в себя сопровождение нескольких типов (по ГОСТ Р ИСО МЭК 14764-2002), а

именно корректирующее сопровождение, которое связано с изменениями, вызванными необходимостью устранения (исправления) фактических ошибок в программном продукте. Корректирующее сопровождение проводят в случае несоответствия программного продукта установленным требованиям, а также адаптивное и полное сопровождение, модернизирующее программный продукт. Изменения, вносимые при адаптивном сопровождении (адаптивные изменения), связаны с необходимостью адаптации программного продукта к изменившейся среде (условиям). Данные изменения связаны с реализацией новых требований к системному интерфейсу, самой системе или техническим средствам. Изменения, вносимые при полном сопровождении, улучшают рабочие характеристики программного средства и его сопровождаемость. Данные изменения могут приводить к предоставлению пользователям новых функциональных возможностей, пересмотру технологии разработки сопровождаемых документов или изменению самих документов.

Суть режима сопровождения – в поддержании ИКТ-насыщенной среды в состоянии, адекватном текущим требованиям сферы образования. Источниками изменений является как законодательство, так и изменяющаяся конкурентная среда.

Ниже представлена общая схема процесса сопровождения ИКТ-насыщенной среды, как системы по трём типам сопровождения: корректирующее, адаптивное и полное (рис. 1). Общая схема процесса сопровождения среды разработана с использованием методологии IDEF (ICAM DEFinition) в нотации IDEF3.

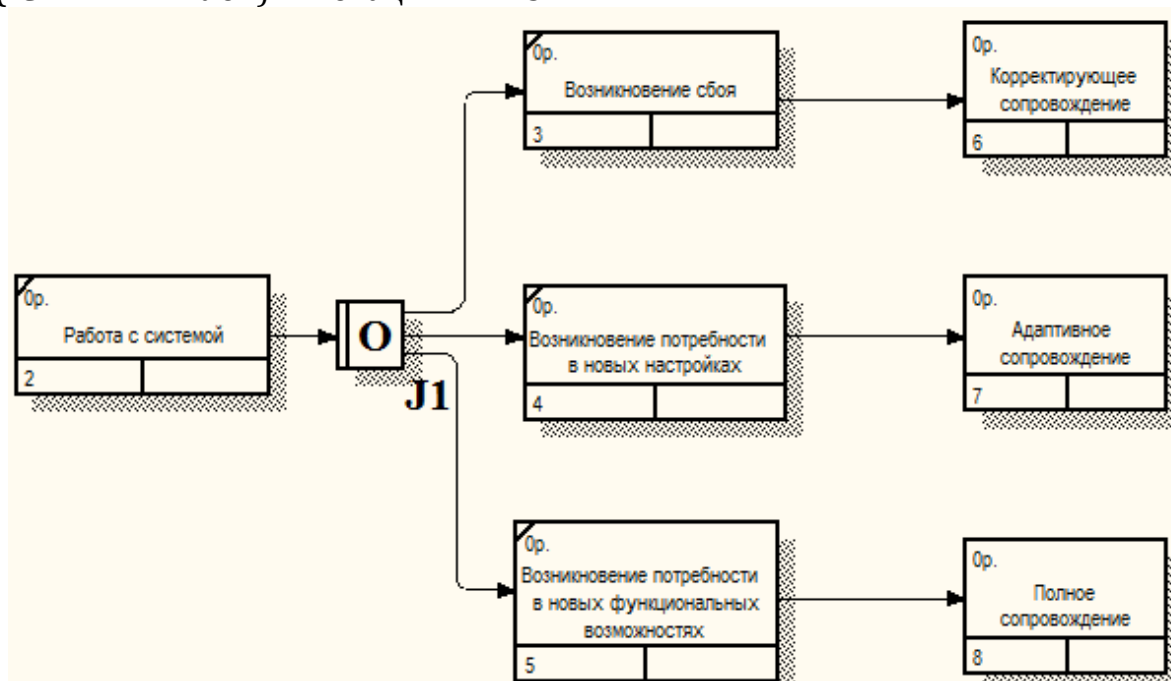


Рис. 1. Общая модель сопровождения

На данном этапе жизненного цикла ИКТ-насыщенной среды наиболее актуальным является вопрос качественной организации процесса

сопровождения, т.к. это способствует продлению срока использования среды и наиболее полному удовлетворению потребностей вуза.

Проведем анализ построенной диаграммы. В начале анализа выделим «показатель качества» - «качественное сопровождение среды», который является основным. Далее обозначим факторы, оказывающие на него непосредственное влияние. К ним можно отнести: оперативность устранения инцидентов; методы осуществления сопровождения; типы предоставляемого сопровождения; ведение сопроводительной документации.

Оперативность устранения инцидентов – скорость реагирования на созданный инцидент (начиная от регистрации инцидента и заканчивая подтверждением разрешения инцидента). На данный фактор влияет следующее:

- наличие целостного представления о системе. Данный фактор отражает то, насколько хорошо инженеры, совершающие сопровождение, ориентируются в системе, понимают механизмы обработки данных и могут быстро найти причину возникновения ошибки. В свою очередь данный фактор зависит от того, кто совершает сопровождение (фирма-разработчик системы или сторонняя компания, осуществившая внедрение). Также имеет значение наличие грамотно-оформленной документации на систему;
- количество инженеров, осуществляющих сопровождение. Чем больше инженеров, тем более оперативным будет реагирование на инцидент;
- квалификация инженеров (образование и опыт работы).

Методы осуществления сопровождения. Сопровождение может производиться непосредственно сотрудником сопровождающей компании в офисе клиента, либо удаленно с помощью горячей линии или переписки по электронной почте. На данный фактор влияет следующее:

- удаленность сопровождающей организации. В некоторых случаях сопровождающая организация находится в другом городе, поэтому сопровождение осуществляется удаленно с помощью телефонных звонков и переписки по электронной почте. Также удаленность сопровождающей организации вызывает разницу во времени (она составляет 2 часа);
- потребности клиента. Если компания, использующая услуги сопровождения, обладает достаточно квалифицированным персоналом, она не будет нуждаться в постоянном присутствии сотрудника сопровождающей организации. Также имеет значение финансовое состояние компании.

Типы предоставляемого сопровождения. В соответствии с ГОСТ Р ИСО МЭК 14764-2002 сопровождение может быть корректирующим,

адаптивным или полным. Данный фактор во многом определяет качество сопровождения в целом. На данный фактор влияет следующее: условия договора; потребности клиента; финансовые возможности клиента.

Ведение сопроводительной документации. Включает в себя ведение журнала инцидентов, анализ инцидентов, формирование выводов и рекомендаций, которые в дальнейшем станут основой для разработки новой версии КИС.

В ходе анализа был выявлен существенный минус процесса сопровождения, в результате которого не достигается наилучший результат. Для того, чтобы наглядно показать его причины, нужно воспользоваться деревом отказов (рис. 2). Оно представляет собой многоуровневую графологическую структуру причинных взаимосвязей, полученных в результате прослеживания опасных ситуаций в обратном порядке, для того чтобы отыскать возможные причины их возникновения.

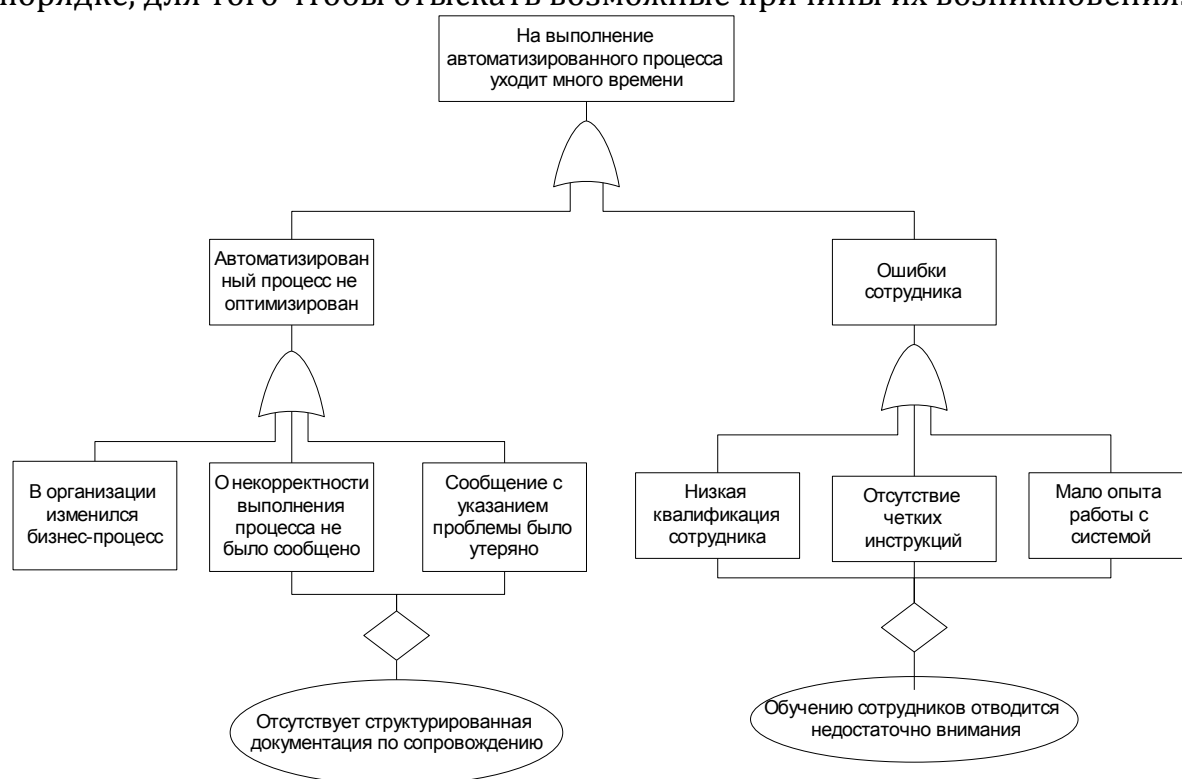


Рис. 2. Дерево отказов

Проанализировав диаграмму, можно сделать вывод, что выполнение автоматизированного бизнес-процесса может занимать у сотрудника значительное время из-за недостаточной квалификации, а также недостаточного уровня оптимизации бизнес-процесса под текущее положение дел.

В данной статье был рассмотрен процесс сопровождения ИКТ-насыщенной среды, рассмотрены факторы, влияющие на качественный процесс сопровождения. В ходе анализа ведения сопроводительной документации, которые в дальнейшем станут основой для разработки

новой версии среды: журнала инцидентов, анализ инцидентов, формирование выводов и рекомендаций, были выявлены ряд недостатков.

Издание публикуется при поддержке Российского гуманитарного научного фонда в рамках грантов № 11-06-01006 «Разработка и апробация модели подготовки научно-педагогических кадров к обеспечению информационной безопасности в ИКТ-насыщенной среде».

Литература

1. Давлеткиреева Л.З., Назарова О.Б. Анализ стандартов в области сопровождения автоматизированных информационных систем / Л.З. Давлеткиреева, О.Б. Назарова, Н.О. Пролозова // Современные научные исследования и инновации. – Ноябрь, 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18571>
2. Давлеткиреева Л.З., Чусавитина Г.Н. Анализ и установление уровня зрелости информационной инфраструктуры организации для управления непрерывностью бизнеса// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. Под ред.проф. В.А. Сухомлина. –М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – 1050 с. –С. 529-544.
3. Чусавитина Г.Н. , Давлеткиреева Л.З. Управление информационными ресурсами образовательных, научных и производственных организаций, Управление информационными ресурсами образовательных, научных и производственных организаций: материалы Всероссийской научной школы для молодёжи, МаГУ, Магнитогорск, 2009, - С. 13 – 31.

Васекин С.В.¹, Ковалев Е.Е.²

¹ МГГУ имени М.А. Шолохова, декан факультета точных наук и инновационных технологий, fimmggu@mail.ru

² МГГУ имени М.А. Шолохова, доцент кафедрой информатики, ekovalev@yandex.ru

Перспективы развитие ИТ-образования на факультете точных наук и инновационных технологий МГГУ им. М.А. Шолохова

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Инноватика, облачные технологии, образовательная сеть.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассмотрены ключевые направления подготовки специалистов в области ИКТ, осуществляемые на факультете Точных наук и инновационных технологий МГГУ им. Шолохова, приведены организационные формы взаимодействия для повышения эффективности реализации учебных программ. Авторами предложена модель закрытой корпоративной социальной образовательной сети на основе облачных технологий как основного дидактического инструмента ведения учебного процесса.

Приоритетная цель развития на ближайшие 5 лет – выйти на качественно новый уровень подготовки специалистов в области прикладной информатики и современных ИКТ с использованием стандартов CDIO и тенденций в развитии инновационных ИКТ [1].

Базовым направлением на факультете, готовящих специалистов для решения прикладных задач по областям применения является «Прикладная информатика». В связи с постоянным развитием экономики, изменениями в учетной политике предприятий, глобализацией в экономике, развитием ИКТ в госсекторе и малом бизнесе актуальным является подготовка студентов по профилю **«Прикладная информатика в экономике»**. Основной задачей образовательного процесса по данному профилю является овладение компетенциями в области эффективного применения различных программных решений для организации бухгалтерского и налогового учета предприятий всех форм собственности, проведения финансового анализа и аудита, способность моделировать бизнес-процессы, адаптировать программные решения в зависимости от нужд предприятия, проводить расчет технико-экономических показателей.

Другой профиль **«Социальные коммуникации»** (социальный компьютеринг) позволяет подготовить специалистов эффективно использующих информационные технологии для организации социального взаимодействия. Задачи учебного процесса по данному профилю:

подготовка специалистов для анализа моделей социальных сетей, оптимизация механизмов коммуникаций социальных сервисов, разработка и обслуживание тематических ресурсов и инфраструктуры социальных сетей, анализ контента и маркетинговые акции в социальных сетях.

После окончания бакалавриата выпускникам предлагается выбрать для дальнейшего обучения техническое направление (магистратура «Программная инженерия»), экономическое («Управление качеством») или прикладное («Инноватика», «Прикладная информатика»).

Магистерская программа **«Информационный менеджмент»** предполагает изучение методологий проектирования информационных ресурсов и систем для административного и государственного управления, крупных предприятий и холдингов, овладение навыками управления ИТ-инфраструктурой, сервис-менеджментов в ИТ. Большое внимание будет уделено зарубежным стандартам и методологиям функционирования ИТ-сервисов компаний. Для формирования специальных компетенций планируется проведение ряда занятий внутри дата-центров ИТ-компаний.

Магистерская программа **«Инноватика»** предполагает изучение методологического фундамента проектной работы при создании венчурного и ИТ-бизнеса, рассматривает ряд вопросов, направленных на оптимизацию ИТ-инфраструктуры, инновационные технологии взаимодействия с клиентами, создание и продвижение новых товаров и услуг в области ИТ и телекома, управление изменениями в ИТ. Большое внимание при подготовке будет уделено командообразованию и проектной работе, разработке критериев оценки ИТ-проектов и методике продвижения проектов, в том числе средствами социальных коммуникаций. Предполагается привлечь к учебному процессу по данной программе представителей венчурных фондов для оценки разработанных студентами проектов.

Магистерская программа **«Управление качеством»** предполагает изучение методологий оценки и применения механизмов оценки качества процессов, товаров и услуг, разработки и внедрения метрик и систем сбалансированных показателей (ССП), изучение международных стандартов качества, использование программных средств для проведения мониторинга качества на реальных предприятиях различных сфер экономики. Учебный процесс предполагает изучение и разработку методик оценки социальных процессов, выявление их закономерностей и повышение управляемости.

Магистерская программа **«Программная инженерия»** (Software Engineering) - это направление промышленного программирования, предназначенное для решения следующих задач:

- установление и использование инженерных принципов и методов для экономичного получения надежного программного обеспечения;

- применение принципов математики и информатики для получения рентабельных решений в области программного обеспечения вычислительной техники;
- применение систематического подхода к разработке, эксплуатации и сопровождению программного обеспечения.

ООП по направлению **«Программная инженерия»** ориентирована на подготовку специалистов, которые в процессе профессиональной деятельности будут решать вопросы создания, сопровождения и внедрения программного обеспечения с заданным качеством, в заданные сроки и в рамках заранее определенного бюджета. Основываясь на математике и информатике, программная инженерия занимается разработкой и применением систематических и надежных методов производства высококачественного программного обеспечения, которые распространяются на все уровни – от теории и принципов до реальной практики создания программного обеспечения. Основным направлением разработки программного обеспечения выбрана программная реализация «облачных технологий», направленная на разработку сервисов и системных (платформенных) решений для организации систем он-лайн доступа к вычислительному процессу посредством Интернет-коммуникаций, разработка мобильных приложений на все типы платформ, управление виртуальной инфраструктурой.

Для повышения эффективности учебного процесса при реализации учебных программ предполагается:

1. **Развитие взаимодействия с ИТ-компаниями** и потенциальными работодателями, направленное на интегрирование специализированных и сертифицированных учебных курсов вендоров и ИТ-разработчиков в учебный процесс на факультете, направленное на формирование специальных ИКТ-компетенций для решения прикладных задач. Среди намеченных мероприятий в данной области – заключение сотрудничества с компаниями СКБ «Контур», «ДИЦ», «Информика», «Новый диск», Casio, открытие авторизованного центра фирмы «1С» на базе факультета, создание специализированных кафедр, ориентированных в том числе на повышение квалификации специалистов.
2. **Создание научно-технических лабораторий**, обеспечивающий научные исследования по выбранным направлениям деятельности и прикладные разработки в области социального программного обеспечения, облачных сервисов и экономических приложений. Предполагается создание лабораторий контент-анализа сайтов, анализа эффективности маркетинговых и иных акций в социальных сетях, создание лаборатории проектирования, разработки и оценки качества электронных государственных и муниципальных услуг в области образования.

3. **Создание учебных лабораторий**, направленных на изучение методологий функционирования, моделирования и разработки социальных сервисов и социального программного обеспечения, со специализацией - создание корпоративных социальных сетей профессиональной направленности.
4. **Создание центра компетенций** по указанным направлениям для проведения экспертизы проектов, программных решений, моделей и механизмов оценки качества. Центр компетенций будет проводить независимую экспертизу проектов и разработку ИТ-стратегий для различных компаний, разработку систем и метрик качества и оценку на основе их качества ИТ-решений, разработку ИТ-стратегий предприятий. Предполагается также осуществление аутсорсинговой деятельности, связанной с информационным сопровождением малого и среднего бизнеса, ведение налогового учета.
5. **Проведение молодежных школ**, которые повышают мобильность молодых и будущих специалистов, предполагают разнообразную программу теоретических и практических занятий, создание проектных групп и представление выполненных разработок.
6. **Организация межвузовского взаимодействия** для проведения совместных интерактивных занятий в виде проектов, вебинаров.
7. **Развития международного сотрудничества** с ВУЗами, осуществляющими подготовку в областях Software Engineering и Social Education.

Базовыми решениями в области информационных технологий, которые интегрируются в учебный и административный процессы являются облачные технологии, социальный компьютеринг и открытые данные.

Первоочередной инновационной разработкой является создание закрытой корпоративной социальной образовательной сети [2,3].

Решение предусматривает консолидацию на единой корпоративной платформе, адаптированной к развертыванию закрытой социальной сети средств электронного документооборота (обмен документами между персоналом образовательного учреждения, обучаемыми и внешними пользователями, контроль версий документов и исполнения служебных поручений), систем управления проектами и групповой работы (проектные команды, управление занятостью сотрудников, создание временных творческих коллективов) и систем управления обучением и содержанием обучения (LMS, LCMS).

В качестве базового решения могут рассматриваться Битрикс24, Мегатлан, Socialcast, Daoffice, Teamlab. Системы дистанционного обучения – Moodle, Openclass (доступ через сайт ВУЗа или из социальной сети). Собственные разработки и приложения, которые интегрируются в платформу и доступ к ним осуществляется через социальную сеть. Современная тенденция в сфере корпоративного программного

обеспечения – консолидация сервисов в рамках единой платформы. Компании склоняются к использованию единого решения для управления инициативами по обучению и развитию в организации.

Этот тренд будет реализовываться в трех направлениях:

- решения, способные реализовать единый портал, объединяющий весь функционал, связанный с обучением в одной платформе;
- приложения, способные координировать работы тематических приложений (даже различных разработчиков), и выполняющих роль брокеров запросов;
- обеспечение возможности миграции данных из внешних источников, в том числе и HRM приложений.

При таком решении рабочее место все больше погружается в цифровое пространство, происходит постоянное смещение коммуникаций и работы с информацией в цифровое пространство, повышается мобильность человеческих ресурсов.

Основная нагрузка по обучению перекладывается со структур формального обучения на структуры неформального (социального обучения – взаимного обучения, обучения по требованию, систем обмена знаниями, самостоятельной работы с информацией).

Другой тренд: популяризация и развитие коллаборативной культуры корпоративного обучения. Происходит повышение роли неформального обучения приводит к тому, что обучение как студентов, так и персонала в организациях делает все больший акцент на обмен знаниями в процессе персонально взаимодействия между обучаемыми, и в процессе взаимодействия посредством корпоративных порталов/сайтов/профильных приложений, все активнее развивается инструментарий ROE (return on expectation - возврат от ожиданий.) как показателю ценности.

Диаграмма целей данного решения приведена на рис.1 [4].

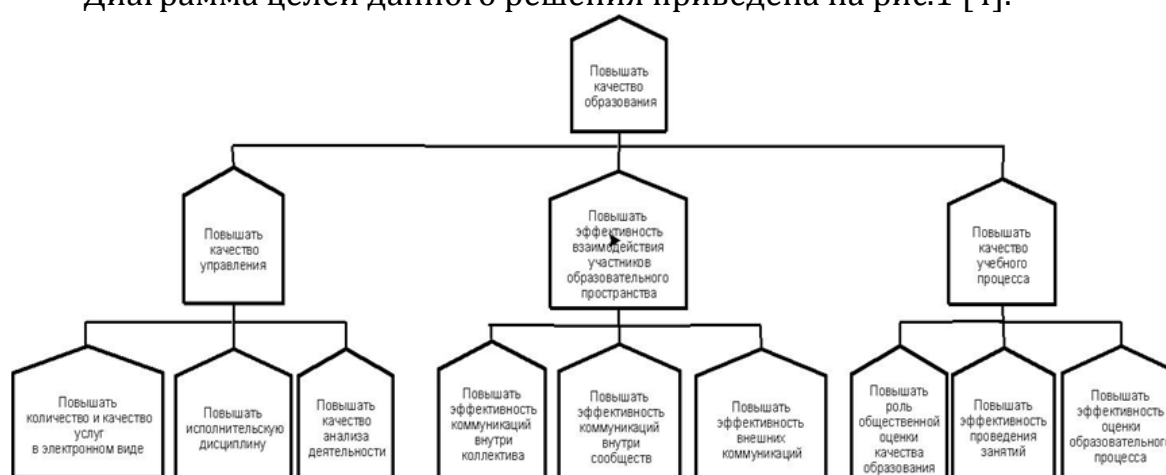


Рисунок 2. Иерархия целей социальной образовательной сети

Главное преимущество получаемого решения: развитие

возможностей для социального обучения, появление возможностей использовать внутренние и внешние социальные сети для инициирования и влияния на процессы неформального обучения.

Следует также ожидать усиления роли учебного контента, разработанного непосредственно пользователями (учащимися). Как следствие, появления инструментария для генерации (в том числе совместной, массовой) учебного контента пользователями.

Дальнейшая перспектива решения – развитие/интеграция функций управления талантами. К этим функциям относится отбор, управление по компетенциям, планирование карьеры, и др.

С использованием социальной образовательной сети происходит тесная интеграция процесса обучения с образом жизни человека в «социальном» интернете при построении системы управления обучением как сервиса (LaaS). С этим новшеством будут связаны более близкое и неформальное общение обучаемых с носителями знаний и экспертами, быстрое вхождение обучаемых в профессиональную или научную среду, контролируемое освоение знаний. Это потребует от преподавателей и тьюторов пересмотра их собственных подходов к обучению. При этом изменится и маркетинговое поведение учебных заведений: они смогут более свободно позиционировать себя как коммерческих поставщиков знаний с помощью социальных медиа [5].

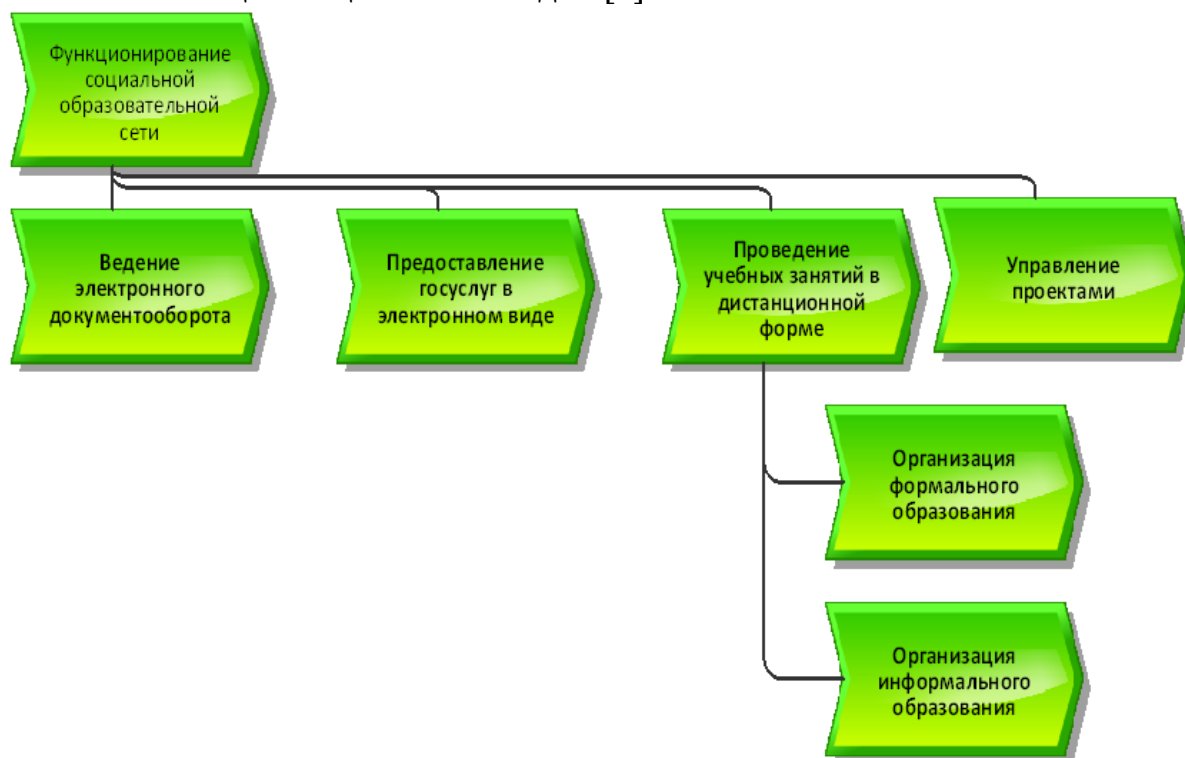


Рисунок 3. Диаграмма функций

Основные функции решения (рис.2):

- Обсуждения, опросы, идеи, мероприятия и мотивация;
- Группы для совместной работы;

- Обмен файлами, версионность, связанные файлы;
- Безопасность и конфиденциальность данных;
- Вики-документы для создания заметок и совместной работы над ними;
- Профили сотрудников для быстрого доступа к коллегам;
- Доступ к API для разработки собственных приложений;
- Легкий доступ с мобильных приложений;
- iOS (iPhone) и Android (планшет и телефон);
- Приглашение, удаление участников группы;
- Назначение администраторов.

Основные методологические и технологические аспекты функционирования предлагаемого решения:

- доступность образовательных ресурсов в режиме 24*7, реализация возможности обучения в непрерывном режиме с использованием различных средств доступа к образовательным ресурсам;
- развитие и поддержки системы рейтингов для оценки результатов образовательной и административной деятельности;
- поддержка механизмов общественной оценки результатов образовательной деятельности как учреждения в целом, так и отдельного индивида;
- информационная прозрачность процесса обучения;
- привязка к системе ключевых показателей (KPI) для оценки эффективности функционирования системы в целом и ее отдельных компонентов;
- социализация обучаемых, поддержка социальных групп пользователей, проектных команд и временных творческих коллективов;
- поддержка инструментов информального (спонтанного) и неформального образования;
- поддержка шаблонов и версий документов, отслеживание статуса документов;
- использование технологии краудсорсинга при решении учебных и иных задач;
- возможность внедрения социальных методов обработки информации (Social Information Processing).

Результативность работы решения должно оцениваться на основе: наличия разработки методических рекомендаций для всех участников виртуального взаимодействия, анализа эффективности реализуемых программ обучения, объема модернизации системы компетенций специалистов на основе требований бизнеса и общества, анализа эффективности использования краудсорсинга при решении профессиональных задач по запросам[4].

Литература

1. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание. URL:http://cdiorussia.ru/files/files/standarts_cdio_print.pdf (Дата обращения 11.10.2013)
2. Gurdev Singh, Harmandeep Singh, Natinder Kaur Sodhi. Cloud computing-future solution for educational systems // International Journal of Enterprise Computing and Business Systems, Vol. 2 Issue 1 January 2012.
3. Ковалев Е. Е. Использование облачных технологий для создания информационно-образовательной сети. Сборник трудов 13 международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании». Часть 1. – М.: ООО «1С-Публишинг», 2013. С.801-805.
4. Ковалев Е.Е., Косино О.А. Моделирование взаимодействия субъектов в частном образовательном облаке. // Педагогическая информатика. -№3-2013.
5. Реформа образования как стимул к внедрению ИТ <http://www.pcweek.ru/idea/article/detail.php?ID=154553> (Дата обращения 11.10.2013)
6. Васекин С.В., Муравьев В.И., Прончев Г.Б. Социальные сети и инновационное развитие России, МГГУ им. М.А. Шолохова, Монография, Москва, 2013
7. Монахов В.М., Ерина Т.М., Васекин С.В. Система проектно-технологических компетенций современного педагога-исследователя, МГГУ им.М.А. Шолохова, Москва, Редакционно-издательский центр, 2013

Макашова В.Н.¹, Чернова Е.В.²

¹ ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет», факультет информатики,
к.пед. наук, доцент, makashova.vera@mail.ru

² ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный университет», факультет информатики,
к.пед. наук, доцент, EChernova@masu-inform.ru

Информационные технологии как фактор распространения идей киберэкстремизма в молодежной среде

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационные технологии, киберэкстремизм, молодежная среда, интернет-сообщество, интернет-контент.

АННОТАЦИЯ:

Рассматривается проблема профилактики распространения идей киберэкстремизма, как комплексной проблемы, для решения которой необходимо задействовать юридические, психолого-педагогические и технологические инструменты. Это проблема связана с активизацией ряда экстремистских движений, заинтересованных на вовлечение в свои ряды молодых людей. Экстремизм является одной из наиболее сложных социально-политических проблем современного российского общества. В статье анализируются разновидности экстремизма: политический; экономический; национальный; религиозный; экологический

Глобализация информационных процессов, повсеместное проникновение информационных технологий, массовость использования сетевых сервисов и их доступность все чаще приводят к тому, что малоизвестные в широких кругах негативные явления из реальной жизни проникают в Интернет и привлекают внимание пользователей. В последние годы в России и странах СНГ отмечается активизация ряда экстремистских движений, ориентированных на вовлечение в свои ряды молодых людей. Именно молодежная среда является благодатной почвой для формирования радикальных взглядов, накопления негативного потенциала, готового к реализации по указанию «лидера». Экстремизм является одной из наиболее сложных социально-политических проблем современного российского общества, что связано, в первую очередь, с многообразием экстремистских проявлений, неоднородным составом организаций экстремистской направленности, которые оказывают дестабилизирующее влияние на социально-политическую обстановку в стране [1].

Попытаемся разобраться в его особенностях, для этого обратимся к истории. В России экстремизм получил развитие в середине 90-х годов. По мнению специалистов, это обусловлено его особенностями: в первую очередь, это длительная экономическая нестабильность, сильное социальное расслоение, низкая эффективность работы государственных институтов, отсутствие социальной защищенности граждан. Все это и сопутствующие проблемы приводят к спонтанным, стихийным протестам, либо к мелкому вандализму, хулиганству и преступлениям. Чаще всего проводниками экстремизма выступают радикальные политические партии. В конце XX – начале XXI века подобных партий в России оказалось множество. В качестве основных лозунгов выбирались националистические или сепаратистские, в ряды партий вовлекалась молодежь, среди которой поощрялась активная борьба силовыми методами с «не нашими». Стоит заметить, что роль экстремизма в жизни молодежи России и в то время, и в наше, оказалась недооцененной, что приводит к трагическим событиям, калеча судьбы и отбирая жизни. По мнению Н.М. Сироты, экстремизм – «ориентация в политике на крайне радикальные идеи и цели, достижение которых осуществляется в основном силовыми, а также нелегитимными и противоправными методами и средствами» [2].

Выделяют несколько разновидностей экстремизма: политический; экономический; национальный; религиозный; экологический.

Политический экстремизм – настолько сложное и неоднозначное явление, что на сегодняшний день существует несколько разных определений. Однозначно только то, что его последователи стремятся к разрушению существующей в обществе политической системы и установлению своей – например, анархия, монархия, марксизм и другие. Чаще всего данный вид экстремизма включает в себя все разновидности.

Экономический экстремизм – «стремление установить одну форму собственности и единые методы ведения хозяйства (коммунистический фундаментализм) либо полностью отказаться от государственного регулирования экономической сферы, резко сократить социальные расходы (либерализм)» [2].

Национальный экстремизм – чаще всего связан с сепаратизмом, акцентируется на продвижении прав «наших» и ущемлении прав «не наших» национальностей и этнических групп.

Религиозный экстремизм – «нетерпимость к представителям других конфессий или жестком противоборстве в рамках одной конфессии» [2].

Экологический экстремизм – «противоправные акции групп и движений, осуществляемые с целью защиты окружающей среды от научно-технического прогресса как такового и нередко создающие угрозу общественному порядку» [2].

Развернутое определение экстремизма (экстремистской деятельности) в национальном праве дано в ст.1 Федерального Закона «О противодействии экстремистской деятельности». Необходимо обратить

внимание на те его элементы, реализация которых может быть осуществлена с использованием сети Интернет [3].

Во-первых, это размещение программных документов различных групп, содержащих информацию, побуждающую к насильственному изменению конституционного строя и нарушению целостности России, пропаганду исключительности, превосходства либо неполноценности граждан по признаку их отношения к религии, социальной, расовой, национальной, религиозной или языковой принадлежности и т.п. Интернет позволяет «легко, безопасно, дешево и без цензуры» распространять любую идеологию по всему миру (в том числе демонстрирование нацистской атрибутики или символики), что способствует формированию ранее не существовавшего единого неонацистского, расистского сообщества, которое вдохновляет своих членов на совершение актов насилия.

Во-вторых, активно используются участниками террористических и экстремистских организаций информационные ресурсы Интернета, позволяющие быстро и без дополнительных затрат найти разнообразные данные о способах изготовления самодельных взрывных устройств, методах осуществления преступлений террористического характера.

В-третьих, экстремистские группы используют Интернет для финансирования своей деятельности (финансирование сайтов через рекламу, трафики захождения на сайт и т.п.) либо иного содействия в планировании, организации, подготовке и совершении указанных действий (координация действий).

Фридинский С.Н. понимает под экстремизмом «деятельность общественных, политических и религиозных объединений либо иных организаций, средств массовой информации, физических лиц по планированию, организации, подготовке, финансированию либо иному содействию ее осуществлению, в том числе путем предоставления финансовых средств, недвижимости, учебной, полиграфической и материально-технической базы, телефонной, факсимильной и иных видов связи, информационных услуг, иных материально-технических средств, а также совершение действий, направленных на установление единственной идеологии в качестве государственной; на возбуждение социальной, имущественной, расовой, национальной или религиозной розни, унижение национального достоинства; на отрицание абсолютной ценности прав человека; на насильственное изменение основ конституционного строя и нарушение целостности Российской Федерации; на подрыв безопасности Российской Федерации, а равно публичные призывы к осуществлению указанной деятельности или совершению таких действий» [4].

Обобщая все вышесказанное, можно сказать, что экстремизм – это дестабилизация существующего положения вещей в пользу «правильного». Причем «правильность» определяется лидерами или членами того или иного движения. Крайняя точка экстремизма – терроризм.

Мировое интернет-сообщество акцентирует внимание на многих

проблемах, распространившихся со скоростью вируса: киберпреступность, киберэкстремизм, кибертерроризм. Особенность всех явлений с приставкой «кибер» заключается в том, что их очень сложно контролировать в огромной информационной Сети и при этом, они с молниеносной скоростью находят своих сторонников и получают активную поддержку.

Несмотря на многочисленные попытки, предпринимаемые на различных уровнях – от владельцев сайтов до правительств различных государств, поставить распространение данных явлений в Интернет под контроль, на сегодняшний день нельзя говорить о безоговорочном успехе. Находятся всевозможные лазейки в законах или программно-аппаратном уровне, и процесс распространения продолжается. В настоящее время, наиболее остро в Рунете стоит проблема привлечения молодежи в сообщества экстремисткой направленности. Киберэкстремизм – частое явление в социальных сетях, блогосфере, форумах и сетевых сообществах. После незначительного затишья в начале XXI века, экстремизм снова набрал силу, получив мощный источник информации и инструмент вовлечения – интернет. В дальнейшем речь в статье будет идти о киберпроявлениях экстремизма – те же самые идеи, но облаченные в новую, «электронную» форму.

Задача любого радикального и не только движения – вербовка последователей и продвижение своих идей в широкие массы. И новые информационные технологии дают для этого благодатную почву – блоги, твиттер, социальные сети, сайты, форумы, развлекательные порталы и прочее. Наиболее «продвинутые» идеологи радикализма научились маскировать свои воззрения под юмор, развлечения, шутки. Неопытный пользователь «развлекаясь» незаметно для себя впитывает такие идеи, проникается ими, распространяет и становится их сторонником. На наш взгляд, наиболее опасным источником продвижения киберэкстремизма является социальная сеть, а точнее – система «одобрения» – «лайк и перепост». Суть этой системы в том, что пользователь социальной сети, встречая понравившуюся цитату или картинку «репостит» (публикует на своей странице) или «лайкает» (то есть одобряет) ее, тем самым, распространяя ее по своим друзьям и подписчикам. Как показывает практика, зачастую пользователь Интернета, ставя «лайк» или размещая у себя на странице или в блоге картинку, фото или высказывание – не имеет понятия о том, что эта информация может относиться к экстремисткой. Часто бывает сложно остановить лавину информации, распространяемой таким способом, особенно, если информация содержит в себе остросоциальную проблему. Даже если администраторы ресурса оперативно отреагировали и удалили или заблокировали данный контент – он уже нашел своих читателей и обосновался на их страницах и в их мыслях. Например, в одной из социальных сетей регулярно закрывается и возрождается группа с «невинным» на первый взгляд названием «Ванильный шнапс», в которой различные цитаты и высказывания

сопровожаются фотографиями фашистов, либо картинками, намекающими на скрытый смысл цитаты. Например, фраза «Нет печальнее слов, чем «всё могло сложиться иначе»...» проиллюстрирована фотографией с парада Победы 1945 года, на которой стоят советские солдаты с опущенными флагами побежденной Германии. Эта публикация собрала 119 «лайков» и 21 «репост». То есть, даже если администрация сети удалит провокационную группу – идея уже запущена в массы, и управлять ее распространением, а уж тем более предсказать возраст тех, кто ее увидит – нереально [5]. На сегодняшний день, сторонники экстремизма с легкостью могут использовать возможности, предлагаемые информационно-коммуникативными технологиями: создание и регистрация информационных ресурсов, направленных на формирование и поддержку определенного мнения по ключевым вопросам, на обмен опытом, на вербовку последователей и др., в различных социальных сетях созданы множество групп, целью которых является распространение информации экстремисткой направленности.

Рассмотрим основные программно-аппаратные механизмы противодействия распространения контента киберэкстремисткой направленности.

Наиболее распространенными в образовательных учреждениях являются контент-фильтры. *Контент-фильтр или программа ограничения Интернет-контента* – это программное или аппаратное решение для ограничения выхода в интернет на нежелательные интернет ресурсы.

Системы контроля безопасности контента в первую очередь призваны осуществлять контроль за содержанием потоков информации, передаваемых в Интернет и получаемых из сети в локальную вычислительную сеть. К задачам систем контент-фильтрации относятся также проверка информации, хранящейся в локальной сети, контроль за содержанием электронной почты, а также контроль за просматриваемой информацией с целью предотвращения использования Интернета в личных целях [6]. Необходимость систем контент-фильтрации диктуется тем, что Интернет – это источник информации, за который никто не несет ответственности, и вероятность получения из него недостоверной, оскорбительной, пиратской или запрещенной по другим причинам информации весьма велика. Наличие во внутренней сети учебного заведения подобной информации может вызвать не только претензии к ученикам, которые подобный контент скачивают на рабочую станцию сети, но и к уголовному преследованию администрации, которая допускает хранение подобных материалов.

Контент-фильтр помогает защитить компьютеры от вирусов проникающих на ПК пользователей через сомнительные сайты, спам рассылок на почту. Такие фильтры работают по принципу списков сайтов объединяемых в специальные группы в зависимости от контента. Процесс создания таких списков длительный во времени и трудоёмкий, однако он

помогает устранить проблемы связанные с хищением персональных данных и ограничения доступа к контенту. Компьютер хранящий базу с персональными данными осуществляет подключение к Интернету через контент-фильтр путём использования защищенного SSL подключения, которое обеспечивает конфиденциальность обмена данными между клиентом и сервером, использующими TCP/IP подключение, для шифрования используется асимметричный алгоритм с открытым ключом. Таким образом данные системы контент-фильтрации позволяет обеспечить защиту инфраструктуры как образовательных учреждений так и корпоративный сегмент.

Каждый день в Интернете появляются тысячи новых сайтов, поэтому, даже используя обновления баз данных с нежелательными ресурсами, добиться 100%-ной фильтрации невозможно. Отдельная проблема это недостаточная фильтрация русскоязычного контента западными продуктами. Возможны ошибки, когда фильтр будет отсеивать сайты полезного содержания. В общем, чем более интеллектуален фильтр, и чем больше база, на которую он опирается, тем дороже решение и тем оно менее доступно для школ.

Администраторы в школах имеют различный опыт работы с компьютерами и даже непрофессионал должен иметь возможность создавать и поддерживать политику фильтрации. Образовательный процесс включает множество различных областей науки и фильтрация должна быть всеобъемлющей, настраиваемой, а также обеспечивать защиту от новейших угроз.

Другим широко используемым механизмом обеспечения информационной безопасности является мониторинг интернет-ресурсов, который дает быструю и точную картину Web серфинга. Данные об интернет активности защищены криптографически и хранятся в недоступном для неавторизованного просмотра виде. Любой посещенный ресурс может быть просмотрен, и впоследствии добавлен в список разрешенных или запрещенных листов. Используя специальные механизмы ограничения работы по времени, можно задать в период учебного дня «список» порталов исключительно для образования, а во внеурочное время открыть доступ к порталам попадающим в белый список и не нарушая «Единый реестр» доменных имен, указателей страниц сайтов в сети Интернет [7].

Известные программы для организации серверной контент-фильтрации для Windows – систем: МКФ, UserGate, Kerio, ISA Server, SafeSquid, а также прокси-серверы, на которых можно организовать фильтрацию. Для Linux-систем наиболее популярны DansGuardian и 27Mindwebfilter и др. При клиентской фильтрации на каждом компьютере устанавливается и настраивается программа-фильтр, что позволяет задать индивидуальные настройки для каждой машины. Примеры программных продуктов для Windows – систем: Интернет Цензор, ПКФ, NetPolice,

KinderGate и др. Для Linux-систем: NetPolice ALT Linux, СКФ и др.

С целью определения уровня компетенции в области информационной безопасности нами был проведен опрос среди учителей школ г. Магнитогорска, и выявлено, что 100% знают о негативных формах и способах воздействия ИКТ; 80% знакомы с видами отклоняющегося, зависящего от Интернет поведения школьников; 60% владеют методами работы по их предупреждению и устранению; 55% знают правила и нормы сетевого этикета; 30% (преимущественно учителя информатики) применяют методы защиты. В городе имеется опыт проведения мастер классов и педагогических советов по вопросам информационной безопасности, где выступают приглашенные специалисты вуза, консалтинговых компаний предоставляющих услуги аудита ИБ и др. компетентных лиц.

Согласно on-line-опросу RUметрики, около половины родителей контролируют интернет - передвижения своих детей только до 10 лет. В России насчитывается около 8 млн. пользователей интернета в возрасте до 14 лет, 25% дошкольников пользуются сетью самостоятельно, без надзора родителей. С 10 до 14 лет показатель контактов с нежелательным содержанием сайтов возрастает более чем в 2 раза. Порносайты просматривают 32% интернет - аудитории детей до 14 лет. С сайтами об азартных играх, ресурсами о насилии, алкоголе и наркотиках сталкиваются от 13 до 15% школьников.

Проведя опросы среди родителей, нами выявлено что большая часть опрошенных знакомы с блокировкой нежелательных интернет-ресурсов для посещения детьми, но не умеют пользоваться этой функцией. Таким образом очень важно не только организовать работу по обеспечению информационной безопасности образовательного учреждения, но и повышать осведомленность учеников и родителей в этой области. Это можно делать с помощью тренингов, курсов, новостных рассылок, обучающих роликов, готовых комплексов и учебных материалов, постеров и т.д.

Таким образом, можно сказать, что профилактика распространения идей киберэкстремизма – комплексная проблема, для решения которой необходимо задействовать юридические, психолого-педагогические и технологические инструменты.

Решение обозначенных выше проблем мы видим в разработке содержательного аспекта пропедевтики явлений киберэкстремизма в молодежной среде.

Пропедевтика – «введение в какую-либо науку, предварительный вводный курс, систематически изложенный в сжатой и элементарной форме» [8]. Настало время говорить о необходимости подготовки молодежи к жизни, работа, саморазвитию в виртуальном мире без опасения быть вовлеченным в негативную или преступную деятельность. В контексте этой задачи, помимо обязательного минимума знаний по основам

информатики и ИКТ, должны преподаваться базовые знания в области предупреждения возможного вовлечения в киберэкстремистскую деятельность:

- виды экстремизма и киберэкстремизма, их особенности, признаки и истоки;
- особенности проявления киберэкстремизма в ИКТ-среде, особенно в молодежной;
- законодательные, нормативные, правовые, этические, моральные нормы работы в сфере ИКТ, нормы информационной этики и права;
- механизмы защиты от манипулятивных технологий, обеспечение личной безопасности в ИКТ-сфере.

Следует заметить, что необходимо включать пропедевтический аспект в образовательную и воспитательную работу уже в школах, так как легче всего подобные явления распространяются именно среди старших школьников, накладываясь на подростковый максимализм и психологические особенности развивающейся личности. И в обязательном порядке необходимо проводить разъяснительную работу среди молодежи, привлекать их к выполнению различных проектов и решению задач, помогающих развить критическое мышление, просвещающих и в дальнейшем не позволяющих бездумно пополнять ряды киберэкстремистов.

Публикация выполнена в рамках работы над проектом РГНФ № 13-06-00156 «Подготовка педагогических кадров к профилактике и противодействию идеологии киберэкстремизма среди молодежи».

Литература:

10. Методические рекомендации по профилактике и противодействию экстремизму в молодежной // Наша молодежь. – 2011. – м№ 6. – С.40-41.
11. Сирота Н.М. Политология: Учебное пособие. – СПб.: Национальный открытый институт России, 2009. – 113 с.
12. Номоконов В.А., Тропина Т.Л. Терроризм с помощью Интернета // Терроризм в России и проблемы системного реагирования. – М.: Российская криминологическая ассоциация, 2008. – 192 с.
13. Фридинский С.Н. Борьба с экстремизмом (уголовно-правовой и криминологический аспекты): Автореф. дис. канд. юрид. наук. Ростов-на-Дону, 2003 – С.8
14. Чернова Е.В. Пропедевтика явлений киберэкстремизма в молодежной среде Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 2. Том 16. – Одесса: Куприенко, 2013 – 94 с. – с. 44-47.
15. Программы контроля, родительский контроль [интернет портал], URL: <http://nicekit.ru/parental-control/time-boss.php>.
16. Абулин, К.А. Безопасность в интернете [интернет портал], URL: <http://www.comprice.ru/>
17. Прохоров А.М. Большой энциклопедический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Норинт, 2004. – 1456 с.

Крыжановская Ю.А.

ФГБОУ ВПО ВГУ, старший преподаватель, jak@mail.ru

Методическое обеспечение курса «Информационная безопасность» для направления «Бизнес-информатика»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Учебно-методическое пособие, информационная безопасность, бакалавр прикладной математики, информатики.

АННОТАЦИЯ:

Темой рассмотрения является учебно-методическое пособие, подготовленное на кафедре технической кибернетики и автоматического регулирования факультета Прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета, рекомендованное для студентов второго курса дневного отделения факультета Прикладной математики, информатики и механики направления «Бизнес-информатика».

Введение

Одним из направлений, по которым осуществляется подготовка бакалавров факультетом Прикладной математики, информатики и механики ВГУ является «Бизнес-информатика» (080500.62). К особенностям направления можно отнести сочетание дисциплин из сферы экономики, математики и информационных технологий [1]. Выпускники, прошедшие обучение по этой специальности, подготовлены к профессиональной деятельности в качестве системных аналитиков, IT-консультантов, проектировщиков сложных информационных систем, организаторов управления корпоративными информационными системами, менеджеров проектов, организаторов инновационного бизнеса в сфере IT [2].

Везде, где речь идет об информационных технологиях и обработке информации, неизбежно возникает и вопрос ее защиты. Одним из ключевых вопросов обеспечения безопасности информации, хранимой и обрабатываемой в информационных системах, а также передаваемой по линиям связи, является защита ее от несанкционированного доступа. Для реализации такой защиты применяются различные меры и способы, начиная с организационно-режимных и заканчивая применением сложных программно-аппаратных комплексов.

Все существующие теоретические разработки основаны на различных подходах к проблеме обеспечения безопасности, следствием чего стали существенные различия в предлагаемой ими постановке задачи обеспечения безопасности и методах ее решения. Наибольшее развитие

получили два подхода, каждый из которых основан на своем видении проблемы безопасности и нацелен на решение определенных задач — это формальное моделирование политики безопасности и криптография, хотя можно сказать, что эти различные по происхождению и решаемым задачам подходы дополняют друг друга. Криптография может предложить конкретные методы защиты информации в виде алгоритмов идентификации, аутентификации, шифрования, контроля целостности и пр., а формальные модели безопасности предоставляют разработчикам защищенных систем основополагающие принципы, которые могут быть использованы в качестве основы архитектуры защищенной системы, а также определяют концепцию ее построения.

В данном пособии остановимся на рассмотрении ряда криптографических алгоритмов, не включая в круг рассмотрения алгоритмы асимметричного шифрования и вопросы идентификации/аутентификации.

Одним из курсов, изучаемых студентами направления «Бизнес-информатика», является курс «Информационная безопасность». Данный курс имеет большое значение для специалистов в сфере IT, а вопросы, рассмотренные в сопровождающем данный курс пособии, важны для понимания того, какие приемы, алгоритмы и подходы могут быть приемлемы для реализации определенного уровня защищенности данных.

Методическое обеспечение

Методическое обеспечение представляет собой достаточно сложный процесс, в качестве составных частей которого можно назвать прогнозирование потребностей, оценку целевой аудитории, разработку методического продукта и его применение. Конечной целью методического обеспечения можно считать повышение качества образовательного процесса.

Рассмотрим методическое обеспечение применительно к курсу «Информационная безопасность» направления «Бизнес-информатика».

Прогнозирование потребностей

Прогнозирование потребностей в данном случае означает соответствие формируемого методического продукта программе курса. Предлагаемое к рассмотрению учебно-методическое пособие содержит краткий обзор некоторых распространенных криптографических методов защиты, в частности, ряда известных алгоритмов симметричного шифрования, кодирования и архивации, выбор которых обусловлен особенностями целевой аудитории.

Особенности целевой аудитории

Изучение курса «Информационная безопасность» предусмотрено для бакалавров направления «Бизнес-информатика» в третьем семестре, что означает необходимость определенного способа изложения материала. Кроме того, некоторые приемы программирования, необходимые для реализации сложных алгоритмов, к этому моменту еще недостаточно

изучены, что определило в дальнейшем выбор алгоритмов, предлагаемых для программной реализации в качестве лабораторных работ и заданий для самостоятельного выполнения.

Разработка методического продукта

Целью создания учебно-методического пособия являлось изложение материала, связанного с алгоритмами шифрования, кодирования и архивации, которые рассматриваются в рамках проведения лабораторных работ по курсу «Информационная безопасность».

Для достижения этой цели было необходимо решить следующие задачи:

- подбор материалов по указанной тематике;
- отбор алгоритмов для более подробного рассмотрения;
- отбор алгоритмов для лабораторных работ и заданий для самостоятельного выполнения;
- программная реализация и ее описание.

При решении этих задач и подготовке пособия использовались источники [3-10]. Изложение материала организовано в последовательности от простого к сложному, сопровождается рядом иллюстрирующих примеров, лабораторных работ и фрагментов кода, реализованных в консольном режиме в среде программирования Delphi. В пособии также предусмотрены задания для самостоятельного выполнения. Структурно пособие состоит из введения, пяти разделов заключения и списка литературы. Во введении освещается актуальность излагаемой темы. Затем приводятся необходимые определения и поясняются используемые термины. Далее дается представление о криптографических методах защиты данных.

В разделе «Методы шифрования» описаны методы перестановки, замены, битовых манипуляций, аналитических преобразований, комбинированные методы. Часть из рассмотренных алгоритмов предлагается реализовать программно, при этом в виде лабораторной работы оформляется, как правило, один их режимов шифрование/расшифровывание, а второй нужно реализовать самостоятельно, используя описание. Также в качестве индивидуального задания можно реализовать дополнительный контроль ввода и дополнительные возможности по управлению процессом шифрования/расшифровывания. Для побайтных алгоритмов шифрования, методов битовых манипуляций и методов аналитических преобразований приводится обзор и ряд иллюстрирующих примеров.

Следующий раздел посвящен методам кодирования. Приводится деление методов на группы и наглядные примеры их применения, для алгоритма «кодировочной книги» описана программная реализация ряда вспомогательных функций и процесса кодирования.

Пятый раздел посвящен рассмотрению методов архивации (сжатия), применяемых для данных, представленных в текстовой или графической форме. Здесь описываются характеристики процессов сжатия и результатов их работы. Дается также деление всех алгоритмов сжатия на две больших группы: алгоритмы сжатия с потерями и алгоритмы сжатия без потерь. В этом разделе большая часть описываемых алгоритмов снабжена иллюстрирующими примерами. Исключение в данном случае представляют алгоритмы, применимые к графическим данным. Например, такие, как сжатие изображений по стандарту JPEG, фрактальное сжатие изображений и сжатие с использованием рекурсивного (волнового) алгоритма. В силу сложности их реализации для студентов второго курса, кратко приводятся теоретические сведения. Также для алгоритмов сжатия указывается степень сжатия.

В заключении подводятся итоги изложения материала.

Следует отметить, что при создании данного пособия не ставилось задачи полного изложения математической теории. Пособие имеет практический характер и предназначено для студентов 2 курса дневного отделения факультета прикладной математики, информатики и механики ВГУ, обучающихся по специальности «Бизнес-информатика».

Следует отметить, что при работе с пособием предполагается также создание студентами отчетов по результатам выполнения ими лабораторных работ и заданий для самостоятельного выполнения. При этом отчет по отдельным заданиям оформляется в виде доклада и излагается на занятии. При этом задание может выполняться как индивидуально, так и в составе группы из 2-3 человек, что определяется сложностью выбранного алгоритма и уровнем подготовленности самих студентов. При этом оценивается не только правильность решения, но и качество изложения доклада и способность работать в составе группы. Доклад также предполагает обсуждение. В качестве задания для групп может быть предложено рассмотреть алгоритмы шифрования, кодирования или сжатия, которые остались за рамками данного учебно-методического пособия, но, тем не менее, доступными для реализации студентами второго курса, что позволит студентам проявить самостоятельность и творческую активность.

Применение методического продукта

Рассмотренные в учебно-методическом пособии темы соответствуют разделу «Методы и средства защиты информации» курса «Информационная безопасность». Материалы пособия апробированы при проведении занятий со студентами факультета Прикладной математики, информатики и механики в течение ряда лет. Причем часть материалов использовалась при проведении различных спецкурсов, другая часть использовалась при проведении занятий по курсу «Информационная безопасность» для студентов четвертого и второго курсов направления «Бизнес-информатика». В данном учебно-методическом пособии все

материалы адаптированы и излагаются в расчете на студентов второго курса.

Использование приведенного материала способствует формированию общекультурных и профессиональных компетенций соответствующих курсу «Информационная безопасность».

Выводы

Итак, суммируя, можно сказать, что в результате проведения в течение ряда лет занятий со студентами специальности «Бизнес-информатика» были сформированы критерии изложения информации курса «Информационная безопасность», а также проведена разработка описанного выше учебно-методического пособия, апробированы представленные материалы.

Подбор алгоритмов для рассмотрения связан со спецификой целевой аудитории, а именно студентов второго курса. Безусловно, в данном пособии приведено описание далеко не полного перечня алгоритмов шифрования, кодирования и сжатия данных, что связано также с большим объемом теоретических и практических наработок в области криптографической защиты данных. Тем не менее, представленные в пособии алгоритмы дают общее представление о том, каким образом можно производить криптографическое закрытие и/или сжатие данных разных типов.

При работе с учебно-методическим пособием к курсу «Информационная безопасность» студенты приобретают навыки:

- работы с научной литературой;
- программной реализации части рассмотренных алгоритмов и алгоритмов, предлагаемых для самостоятельного изучения;
- применения алгоритмов шифрования, кодирования и сжатия для защиты информации;
- индивидуальной и коллективной работы;
- публичного представления результатов своей деятельности;
- уважительного отношения к результатам не только своего интеллектуального труда, но и интеллектуального труда других участников.

Очевидно, что среди перечисленных навыков присутствуют и обучающие, и воспитательные, и развивающие элементы, что должно способствовать развитию и совершенствованию познавательных интересов, творческой активности, расширению кругозора, развитию познавательной самостоятельности и, в конечном итоге, развитию личности. Кроме того, развитие интереса к вопросам информационной безопасности может повысить заинтересованность в изучении дисциплин ИТ-направленности и облегчить в дальнейшем профессиональную деятельность.

Литература

1. Сайт факультета Прикладной математики, информатики и механики [электронный ресурс] <http://www.amm.vsu.ru/faculty/the-directions-of-training/>
2. [электронный ресурс] http://mmio.adeptis.ru/biz_inform.html
3. Программирование алгоритмов защиты информации / А.В.Домашев, В.О.Попов, Д.И.Правиков и др. - М.: Нолидж, 2000. - 288 с., илл.
4. Зегжда Д.П., Ивашко А.М. Основы безопасности информационных систем. - М.: Горячая линия – Телеком, 2000. - 452 с., илл.
5. Теоретические основы компьютерной безопасности. Учеб. Пособие для вузов / П.Н.Девянин, О.О.Михальский, Д.И.Правиков и др. - М.: Радио и связь, 2000. - 192 с., илл.
6. Расторгуев С.П. Программные методы защиты информации в компьютерах и сетях. М.: Яхтсмен, 1993.-187 с., табл.
7. G.K. Wallace. The JPEG still picture compression standard // Communication of ACM. Volume 34. Number 4 April 1991.
8. Д.С. Ватолин. Фрактальное сжатие изображений // ComputerWorld-Россия. Номер 6 (23). 20 февраля 1996.
9. B.Smith, L.Rowe Algorithm for manipulating compressed images //Computer Graphics and applications. September 1993.
10. И.Н. Бекман. Информатика. Курс лекций [электронный ресурс] <http://profbeckman.narod.ru/InformLekc.files/Inf12.pdf>.

**СЕКЦИЯ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ
НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ПРИЛОЖЕНИЙ**

Романов В.Ю.

МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет ВМК,
vromanov@cs.msu.su, vladimir.romanov@gmail.com

Моделирование и верификация архитектуры программного обеспечения, разработанного на языке Java

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Программное обеспечение, моделирование, верификация, Java.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматриваются особенности реализации CASE-инструмента для моделирования свободно распространяемого программного обеспечения разработанного на языке Java. Данный инструмент предназначен для моделирования и визуализации такого программного обеспечения с помощью языка UML, верификации и рефакторинга его архитектуры. В качестве анализируемого исходного кода для такого CASE-инструмента предполагается использовать репозитории кода с унифицированной идентификаций распространяемых программных библиотек. В статье описывается контекст, в котором предполагается работа данного инструмента. Рассмотрены типовые ошибки в проектировании логической и физической структуры программного обеспечения, методы верификации и рефакторинга для исправления таких ошибок проектирования.

1. Введение

Использование свободно распространяемых в сети Internet библиотек, разработанных на языке Java, получает все более широкое распространение. Многие такие библиотеки распространяются в исходных текстах, что дает возможность их развития независимыми группами разработчиков. Для распространения таких библиотек все чаще используются не только сайты разработчиков библиотек, но и централизованные хранилища (репозитории) со стандартизованным интерфейсом. Это позволяет ссылаться на библиотеки непосредственно по их уникальному адресу в репозитории. Разработка программного обеспечения в таком случае представляет собой сборку программного обеспечения с указанием уникального идентификатора группы (фирмы или команды разработчиков), уникального идентификатора артефакта (библиотеки) и номера версии артефакта. Заданная в проекте с помощью таких координат библиотека автоматически подгружается из глобального репозитория в интернете в локальный репозиторий проекта и

используется при сборке программы. Требуемые загруженной библиотекой другие библиотеки также рекурсивно подгружаются в локальный репозиторий и используются при сборке вновь разрабатываемого программного обеспечения на языке Java. Широкое распространение получили также инструменты [1, 2] позволяющие автоматизировать с помощью таких координат описание зависимостей между библиотеками и их сборку. Разработана унифицированная структура репозитория для хранения таких библиотек [2] и программный интерфейс [3] для доступа к репозиториям артефактов из различного рода инструментов автоматизации сборки.

Вместе с тем использование свободно распространяемых через репозитории библиотек сопряжено с определенными трудностями. Существует множество различных библиотек с аналогичной функциональностью, либо множество версий той библиотеки с различными функциональными возможностями. Некоторые библиотеки со схожими возможностями развиваются параллельно независимыми группами разработчиков по своему усмотрению. Многие получившие популярность библиотеки уже никем не сопровождаются. При несогласованной совместной разработке библиотек зачастую совершались ошибки проектирования, что теперь затрудняет их последующее развитие и использование. Как следствие, использование свободных библиотек требует существенного времени на их сравнение, на выбор подходящих для конкретного проекта, на изучение функциональных возможностей этих библиотек. Существенную помощь в этом оказывает наличие моделей этих библиотек, представленных с помощью наглядной графической нотации языка UML.

2. Моделирование архитектуры программного обеспечения

Стандартизированная структура байт-кода библиотек, разработанных на языке Java, позволяет выполнить построение их UML[4,5,6] модели даже при отсутствии исходных текстов этих библиотек. Наличие UML-модели существенно облегчает и ускоряет понимание внутренней структуры изучаемой библиотеки. Графическая нотация языка UML позволяет представить на одной диаграмме в компактной форме информацию, которая зачастую рассредоточена во многих текстовых файлах написанных на языке Java. Вместе с тем, при большом размере хранимого в репозиториях и анализируемого для возможного использования программного кода, полная визуализация кода с помощью языка UML может оказаться затруднительной. Построение диаграмм, отражающих все связи между элементами программ, может потребовать слишком много времени. Восприятие графического представления при этом по-прежнему будет затруднено из-за чрезмерно большого числа UML-диаграмм. Поэтому необходима визуализация лишь наиболее существенной информации о программной системе – ее архитектуры.

В результате совместной работы международных организаций по стандартизации ISO и IEEE был принят стандарт, определяющий, что может считаться описанием архитектуры программного обеспечения [7]. Были также изданы книги [8,9] являющиеся хорошими комментариями к данному стандарту. В стандарте и упомянутых книгах формализованным образом описана метамодель архитектуры. С помощью языка UML в модели и соответствующих им диаграммах определяются элементы, из которых строится описание архитектуры (architectural elements), категории участников заинтересованных в реализации программной системы (stakeholders). Для каждой категории участников из элементов строится описание архитектуры учитывающей специфику этой категории. В стандарте определен также каталог проекций (views) и точек зрения на модель (viewpoint) с подмножествами типов элементов архитектуры, из которых они строятся. В стандарте регламентируется деятельность системного архитектора при построении им описания архитектуры. Частично работа архитектора по построению модели архитектуры программного обеспечения (элементов модели, их проекций и различных точек зрения участников проекта) и ее визуализации, выполняемая для хранимого в репозиториях свободного программного кода, может быть автоматизирована CASE-инструментом [10,11,12].

3. Верификация и рефакторинг библиотек

Многие библиотеки, предоставляющие проекту необходимую функциональность, требуют переработки (рефакторинга) исходного текста библиотеки. Зачастую это обусловлено ошибками проектирования совершенными при не согласованной работе многих разработчиков библиотеки меняющихся на протяжении нескольких лет. Такие ошибки проектирования приводят к необходимости подключения той функциональности, которая реально в проекте не используется. Не используемый в проекте код в свою очередь может требовать подключения других библиотек. В итоге размеры подключаемого и реально используемого программного кода могут отличаться в несколько раз.

Другой распространенной причиной, которая требует рефакторинга библиотек, является отсутствие исходных текстов у части используемых ими свободно распространяемых библиотек. Для некоторых проектов критичным является отсутствие в используемом коде так называемых «закладок», выполняющих непредсказуемые действия. Например, передачу информации об окружении исполняемой программы по сети интернет. Поэтому отсечение или замена кода, использующего библиотеки без исходных текстов, для таких проектов требует понимания архитектуры библиотеки показывающей связи исключаемого или заменяемого кода с остальным кодом библиотеки.

Для выявления ошибок проектирования библиотеки CASE-инструментом выполняется верификация архитектуры библиотеки.

Разработан ряд объектно-ориентированных метрик [13] позволяющих выявить критические участки в коде библиотеки. С помощью таких метрик измеряются сцепление классов, сцепление методов классов, глубина наследования и многие другие характеристики логической структуры библиотеки. Измерение проекта с помощью метрик позволяет также выявить нарушение основных принципов проектирования [14], получивших сокращенное наименование SOLID (Single responsibility, Open-closed, Liskov substitution, Interface segregation, Dependency inversion). Таким образом объектно-ориентированные метрики позволяют выявить ошибки проектирования в логической структуре проекта (в исходных текстах программ на языке Java) и выполнить рефакторинг структуры с помощью CASE-инструмента.

Большое значение для использования и сопровождения свободно распространяемых библиотек имеет также их физическая структура - декомпозиция библиотек на модули. В настоящий момент в языке Java отсутствует явно понятие модуля на уровне конструкций языка. Фактически роль модуля в языке Java выполняют упакованные в файлы с расширением `jar` исполняемые файлы (байт-код) классов языка Java (компоненты). Отсутствие модульности на уровне самого языка приводит к часто встречающимся ошибкам проектирования, когда классы из одной компоненты имеют непосредственные связи с классами из других компонент [15]. Это существенно затрудняет сопровождение, использование и развитие библиотек состоящих из таких модулей.

Для преодоления таких ошибок проектирования связи между компонентами системы в некоторых проектах явно описываются на основе получающей все более широкое распространение спецификации OSGi[16]. При использовании спецификации OSGi описание допустимых связей между компонентами включается в файл манифеста компоненты. Такие явно описанные связи используются CASE-инструментом при построении модели компонентов и ее визуализации.

В настоящее время ведется работа по расширению самого языка Java модульными конструкциями в рамках проекта JIGSAW[17]. Эти конструкции языка можно будет использовать, начиная с версии языка Java 8. Фирмой Oracle в версии языка Java 8 для декомпозиции платформы предполагается использовать компактные профили (Compact Profiles) [18]. Полностью модульные конструкции для декомпозиции самой платформе Java предполагается использовать, начиная с версии Java 9. В CASE-инструменте модульные конструкции Java предполагается использовать при переносе библиотек на платформу Java 8.

Для верификации взаимосвязей компонент библиотек выполняется анализ структуры компонент и выявление типовых ошибок проектирования [15, 14]. К таким ошибкам, например, можно отнести наличие циклических связей между компонентами, отсутствие разбиения архитектуры компонент на уровни, несоответствие уровней логической и

физической структуры, наличие сильного сцепления (cohesion) между компонентами, отсутствие разделения уровней компонент для интерфейсов, реализации и тестирования. Анализ физической структуры библиотек [15] позволил выявить множество хорошо зарекомендовавших шаблоны проектирования, выделив категории таких шаблонов. В частности, категории шаблонов для расширяемости библиотек, категории для уменьшения зависимости между компонентами библиотек, категории облегчающие использование библиотек. В качестве примеров из категории расширяемости приведем замену зависимостей между классами модулей на зависимости только от абстрактных элементов структуры (интерфейсов и абстрактных классов), использование реализаций интерфейсов и абстрактных классов через фабрики реализаций.

Для выполнения преобразования программного кода CASE-инструментом предполагается использовать программный интерфейс платформы Eclipse[19] предназначенный для рефакторинга программного текста написанного на языке Java. Данный программный интерфейс предоставляет элементарные виды рефакторинга, применяемые к исходным текстам программ, из которых возможно построение более специализированных видов рефакторинга CASE-инструмента. В частности, такой полезный вид элементарного рефакторинга Eclipse, как порождение из существующего класса интерфейса, который данный класс будет реализовать, с включением в интерфейс части методов класса. Или выделение в абстрактный базовый класс части полей и методов выбранного для рефакторинга класса. Таким образом, возможно, например, выделение в отдельные уровни (компоненты) абстрактных классов, или замены зависимостей между классами компонент на зависимости классов от интерфейсов, выделенных в отдельные компоненты.

4. Заключение

В статье рассмотрены возможности CASE-инструмента для решения задачи обратного проектирования (reverse engineering) свободно распространяемого программного обеспечения. Описаны особенности работы этого инструмента с централизованными хранилищами свободно распространяемых библиотек. Рассмотрены возможности по моделированию и визуализации архитектуры библиотек с помощью языка UML с использованием стандартов на описание архитектуры программной системы. Описаны проблемы осложняющие использование таких библиотек. Показаны методы верификации логической и физической структуры библиотеки для ее последующего рефакторинга.

Литература

1. Ivy - The agile dependency manager, <http://ant.apache.org/ivy/>
2. Maven architecture, <http://maven.apache.org/ref/3.0.5/>
3. Aether- the library for working with artifact repositories, <http://www.eclipse.org/aether/>
4. Object Management Group, UML 2.4 Superstructure Specification, OMG document. <http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/>

5. Object Management Group, UML Diagram Interchange, OMG document, <http://www.omg.org/spec/UMLDI/1.0/PDF>
6. Object Management Group, XML Metadata Interchange, OMG document, <http://www.omg.org/spec/XMI/2.4.1/>
7. ISO/IEC/IEEE 42010:2011, Systems and software engineering — Architecture description, <http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/>
8. Nick Rozanski, Software Systems Architecture: Working with Stakeholders Using Viewpoints and Perspectives, Second Edition, Addison-Wesley Professional, October 25, 2011, ISBN 978-0-321-71833-4
9. Paul Clements; Felix Bachmann; Len Bass; David Garlan; James Ivers; Reed Little; Paulo Merson; Robert Nord; Judith Stafford, Documenting Software Architectures: Views and Beyond, Second Edition Publisher: Addison-Wesley Professional, October 05, 2010, ISBN 978-0-321-55268-6
10. Романов В. Ю. Моделирование свободно-распространяемого программного обеспечения с помощью языка UML //International Journal of Open Information Technologies. – 2013. – Т. 1. – №. 7. – С. 11-15.
11. Романов В.Ю. Реализация метамодели языка UML на основе хранилища данных фирмы Google. Сб. трудов VII Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". М., 2012. с.605-610.
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.
13. Michele Lanza, Radu Marinescu, S. Ducasse. Object-Oriented Metrics in Practice: Using Software Metrics to Characterize, Evaluate, and Improve the Design of Object-Oriented Systems. Springer 2006, ISBN 978-3540244295
14. Robert C. Martin, Designing Object Oriented Applications using UML, 2d. ed. Prentice Hall, 1999
15. Kirk Knoernschild , Java Application Architecture: Modularity Patterns with Examples Using OSGi, Addison-Wesley Professional, 2012, ISBN 978-0-321-24713-1
16. OSGi - The Dynamic Module System for Java, <http://www.osgi.org>
17. Standard module system for the Java SE Platform <http://openjdk.java.net/projects/jigsaw/>
18. Compact Profiles, <http://openjdk.java.net/jeps/161>
19. The Language Toolkit: An API for Automated Refactorings in Eclipse-based IDEs, <http://www.eclipse.org/articles/Article-LTK/ltk.html>

Ромасевич Е.П.¹, Ромасевич П.В.²

¹ВолГУ, магистрант, eromasevich2@mail.ru

²D-Link, к.т.н., доцент, promasevich@dlink.ru

Исследование процесса потери пакетов при переходе сети MetroEthernet смешанной архитектуры на протокол IPv6

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Протокол IPv6, сеть MetroEthernet, потеря пакетов, имитационная модель.

АННОТАЦИЯ:

С помощью построенной имитационной модели проведено исследование процесса потери пакетов при передаче самоподобного трафика в сетях IPv4 и IPv6 масштаба города со смешанной архитектурой и выработаны рекомендации телекоммуникационному оператору по качественному предоставлению услуг при переводе сети на IPv6.

Введение

Динамичная информатизация сфер человеческой деятельности обусловила тенденции современного рынка телекоммуникаций, характеризующиеся резким ростом количества сетевых пользовательских устройств, а также масштабным строительством и модернизацией сетевой инфраструктуры, предназначенной для организации различных сервисов – от VoIP до интерактивного телевидения, предполагающих их доступность вне зависимости от местоположения клиента и используемого им интерфейса.

На местах состояние телекоммуникационного рынка характеризуется повсеместным развертыванием сетей широкополосного доступа различной архитектуры и технологий масштаба города MetroEthernet для предоставления комплекса телекоммуникационных услуг TriplePlay (данные, голос, видео) через единую линейную инфраструктуру.

Одним из главных препятствий динамичному развитию телекоммуникационных сетей является недостаточный объём адресного пространства протокола IPv4 из-за быстрого роста количества мобильных устройств, таких как смартфоны и планшетные компьютеры.

Количество устройств, подключаемых к глобальной сети растёт экспоненциально [4], [5]. К серьёзным проблемам использования также относятся проблемы агрегации маршрутов, которые приводят к росту размера таблиц маршрутизации. Задача фрагментации пакета на промежуточных узлах в зависимости от значения MTU канала, в который поступает пакет, и постоянная проверка и пересчёт контрольных сумм

требуют значительных ресурсов маршрутизатора, и, как следствие, растёт время задержки.

Нынешнее состояние сети Интернет обусловлено использованием большого числа сервисов чувствительных к задержкам, таких как IP-телефония и IPTV. Для обеспечения качества обслуживания в IPv4 предусмотрено поле TypeOfService, однако механизмов обработки пакетов или резервирования канала, в соответствии со значением данного поля, предусмотрено не было. [6]

К сложностям обработки заголовка IPv4 относятся его вариативная длина от 20 до 40 байт, которая опять же приводит к пересчёту контрольных сумм. С другой стороны этой длины недостаточно для добавления необходимого числа дополнительных опций, а многие поля, которые имеются в заголовке, устарели или требуют модернизации. [6]

В 1992 году была поставлена задача создания нового протокола, призванного решить те проблемы, которые имел протокол IPv4. В 1994 году Инженерный совет Интернета IETF утвердил модель протокола Интернет следующего поколения IPng и к 1996 году появилась серия спецификаций описывающих Интернет-протокол версии 6. При создании протокола были учтены недостатки IPv4, а также созданы совершенно новые принципы работы протокола, которые должны обеспечить безопасность и маршрутизацию с сети Интернет прозрачнее и быстрее.

Агентство IANA, управляющая пространствами IP-адресов сети Интернет, распределило 3 февраля 2011 года последние пять блоков IP-адресов между региональными интернет-регистраторами. А по данным [1] на 6 мая 2013, регистратор Европы, Ближнего Востока и Центральной Азии (RIPE NCC) и регистратор Азии и Тихоокеанского региона (APNIC) израсходовали имеющиеся у них IP-адреса 14 сентября 2012 и 19 апреля 2011 года, соответственно. Крупные провайдеры услуг Интернет имеют определённый запас адресов IPv4, но и он в скором времени будет истощён.

Решением проблемы станет переход Интернет на протокол IP версии 6, очевидным преимуществом которого является значительно увеличенное адресное пространство по сравнению с IPv4. Если у протокола IPv4 – 2^{32} адресов, то у IPv6 – 2^{128} адресов.

IPv6 содержит немало функциональных улучшений, прежде всего в области маршрутизации. Адресация теперь имеет иерархическую структуру, что облегчает передачу пакетов по сети. Также на уровне сетевого уровня в IPv6 уже нет подсчёта контрольных сумм, что позволяет маршрутизаторам экономить время обработки. Появились также новые возможности QoS и многоадресное вещание, а IPSec стал обязательным. Максимальный размер пакетов у шестой версии протокола может достигать 4 ГБ, что несомненно приведёт к изменениям принципов передачи данных в будущем. [2]

Большинство специалистов в области Internet-технологий уверены в необходимости перехода на новую, шестую версию протокола IP.

Косвенным свидетельством этому служит постоянно увеличивающееся число организаций, компаний-разработчиков сетевого оборудования и программного обеспечения, принимающих участие в Международном форуме и IPv6 и реализовавшие его поддержку в своем сетевом оборудовании. [3]

В рекомендации МСЭ Y.1540 [21], 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) и потеря пакетов (IPLR - IPpacketlossratio).

Многочисленные зарубежные и отечественные исследования последнего десятилетия показали, что трафик в современных сетях передачи данных проявляет свойства самоподобия [20], 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.

Качество обслуживания QoS в сетях IP определяется в рекомендации МСЭ Y.1541 и зависит от множества факторов и может варьироваться в значительных пределах в зависимости от функционала телекоммуникационного оборудования, параметров трафика и сети.

Поэтому для непрерывного оказания услуг телекоммуникационным операторам необходима предварительная оценка работоспособности при проектировании новой или модернизации существующей телекоммуникационной сети, работающей на базе протокола IPv6 или осуществляющей миграцию на него [19]

По причине трудности постановки эксперимента и сложности аналитического моделирования, имитационное моделирование может быть наиболее рациональным способом решения подобной задачи.

Поэтому целью данной работы является построение имитационной модели сегмента сети MetroEthernet и исследование различий процесса потери пакетов самоподобного трафика при использовании протокола IPv4 и IPv6 при прочих равных условиях.

Имитационная модель

При анализе действующих телекоммуникационных систем с помощью моделирования определяют границы работоспособности системы, выполняют имитацию экстремальных условий, которые могут возникнуть в процессе ее функционирования. Искусственное создание таких условий на действующей системе затруднено и может привести к катастрофическим последствиям, если система не справится со своими функциональными обязанностями. Целесообразность использования моделирования для действующей системы состоит также в том, что можно

опытным путем проверить адекватность модели и оригинала и более точно определить те параметры телекоммуникационной системы и внешних воздействий на нее, которые служат исходными данными для моделирования. Это позволяет выявить ее резервы и прогнозировать ее работу.

Имитационная модель – совокупность описания системы и внешних воздействий, алгоритмов функционирования системы или правил изменения состояния системы под влиянием внутренних и внешних возмущений. Эти алгоритмы и правила не дают возможности использования имеющихся математических методов аналитического и численного решения, но позволяют имитировать процесс функционирования системы и производить измерения интересующих характеристик. [14]

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.3.

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. Кроме того, в данном программном продукте есть возможность моделирования беспроводных сетей различного типа, что при современной мобильности клиентских устройств весьма актуально.

Симулятор NS-3 в отличие от своего предшественника включает приложение NetAnim – визуализатор, разработанный на кроссплатформенной библиотеке Qt4. Он предназначен для анимации событий, происходящих в модели. Входными данными для визуализатора являются трассировочные XML-файлы. Файлы этого формата создаются в ходе симуляции, если в коде модели присутствует специальная функция. Данное приложение помогает быстро оценить правильность построения модели, в течение времени просмотреть движение данных по моделируемой сети.

Интерфейс программы представлен на Рис.1

В пакет NS-3 также входит анализатор TraceMetrics – инструмент для анализа трассировочных файлов симулятора NS-3. Польза данной программы в том, что она делает практический анализ трейс-файлов, созданных в ходе симуляции и, как результат, показывает некоторые

интересные данные из выполненного скрипта. Вид данной программы представлен на Рис.2.

Для адекватного моделирования необходимо учесть свойство самоподобия (фрактальности) сетевого трафика. Наиболее часто для моделирования фрактального трафика используется распределение Парето. Достоинством такого распределения является возможность определения фрактальности трафика по его параметрам. Недостатком является то, что оно имеет бесконечную дисперсию, что означает высокую изменчивость входного трафика. Это создает определенные трудности использования данного распределения при моделировании реальных процессов в телекоммуникационных системах.

Наряду с распределением Парето, наиболее часто используется распределение Вейбулла, которое хорошо подходит, в частности, для моделирования процессов потери пакетов при переполнении буфера сетевых интерфейсов [17].

Распределение Вейбулла – это также распределение с так называемым «тяжёлым хвостом», широко применяемое при моделировании сетевого трафика, с функцией распределения

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}}$$

Генерировать значения для трассы с плотностью распределения вероятностей Вейбулла можно так же, как для экспоненциального распределения, используя инверсию функции распределения Вейбулла. [18]

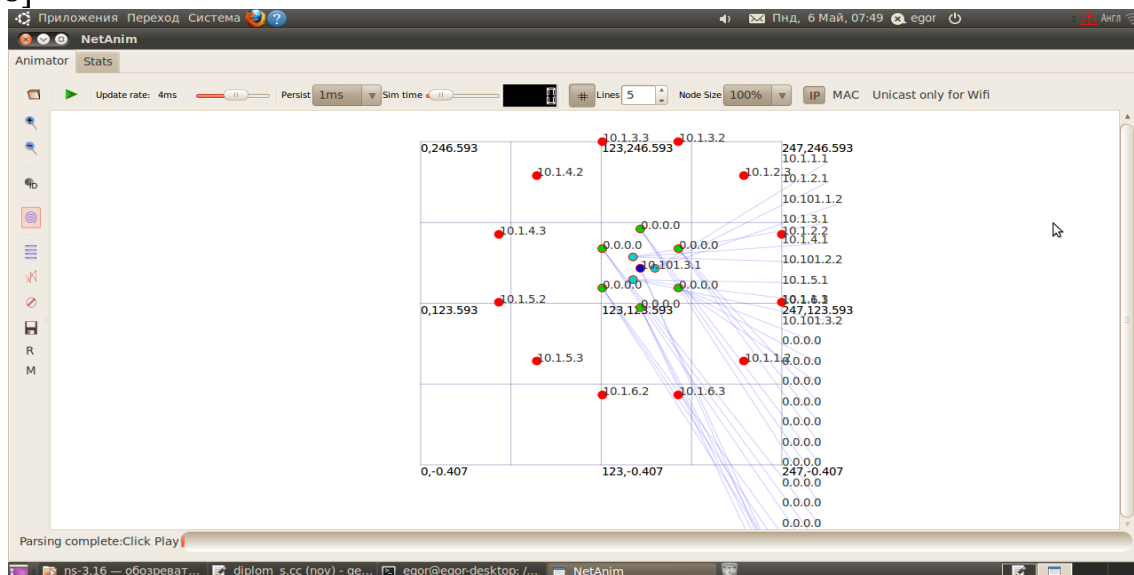


Рис.1. Визуализатор NetAnim (экранный снимок)

Основой имитационной модели стала архитектура сети широкополосного доступа в Интернет одного из операторов города Волгограда. Сеть представляет собой топологию смешанного типа. Здесь

представлена сложная звездообразная топология, а также кольцевая на уровне распределения, как показано на Рис.3.

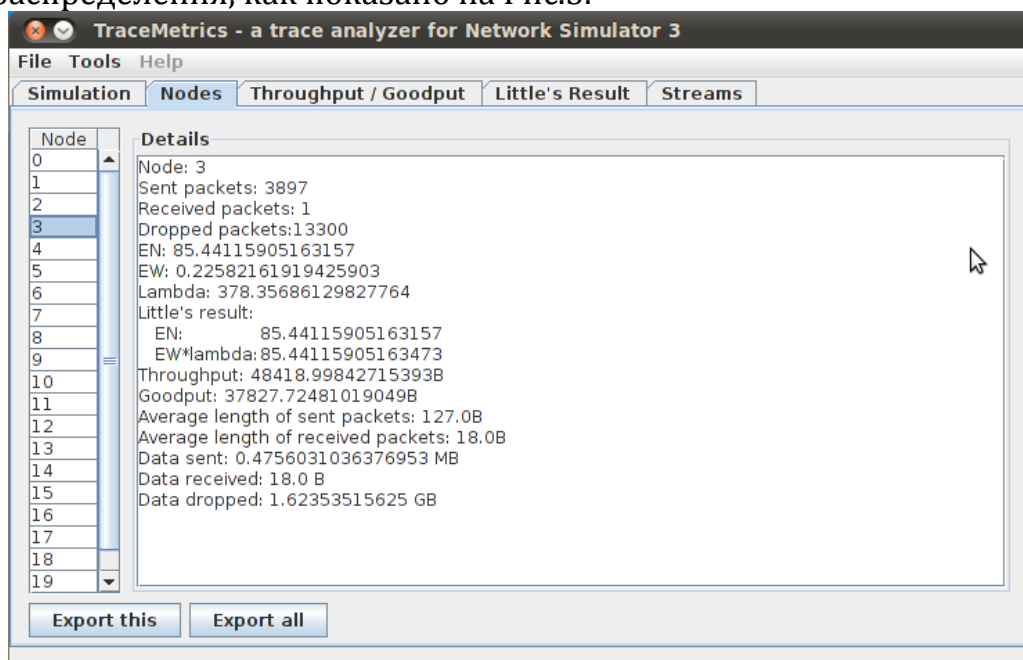


Рис.2. Анализатор трассировочных данных TraceMetrics (экранный снимок)

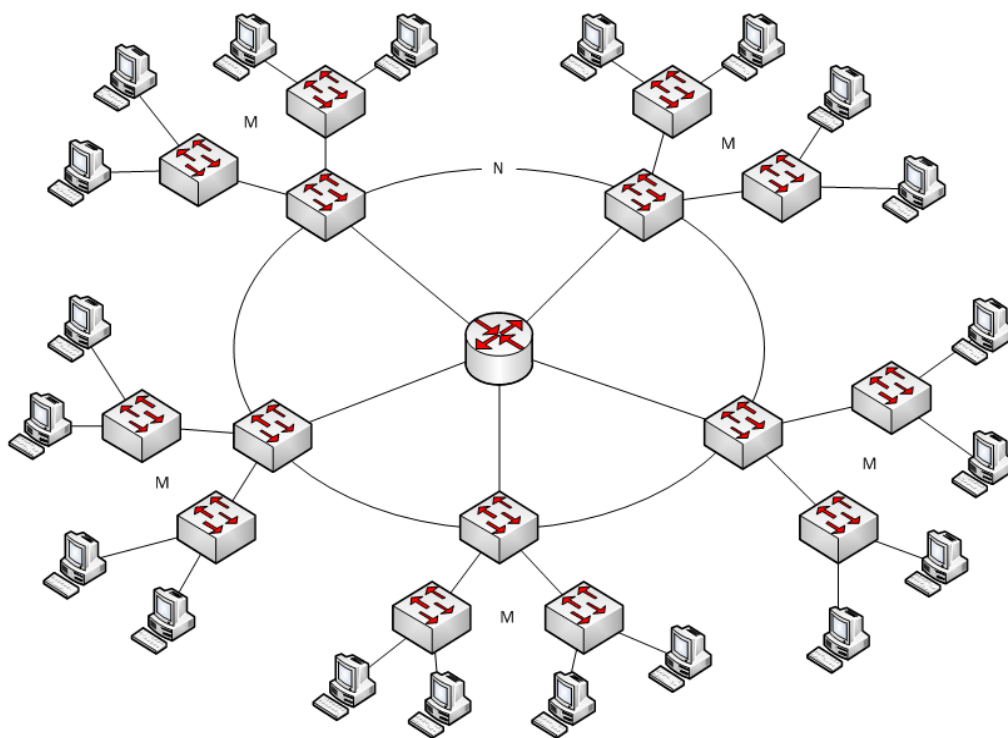


Рис.3. Топология моделируемой сети

В модели используются узлы, имитирующие как коммутаторы L2, так и коммутаторы L3. Программа модели написана таким образом, 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. Таким образом, модель является масштабируемой. Количество узлов в модели можно подсчитать как

$$S = 1 + N + N * M + N * M * K$$

где S – общее количество узлов в модели,

N – количество узлов на уровне распределения,

M – количество узлов на уровне доступа,

K – количество хостов, подключённых к одному узлу на уровне доступа.

Каждый сегмент сети имеет своё адресное пространство. Скорость передачи данных в каждом сегменте одинакова, и имеет задержку 2 мс. В процессе исследования данный параметр изменяется. Скорость в кольце, связывающем коммутаторы распределения – 1 Гбит/с с задержкой 1 мс, а скорость до маршрутизатора ядра – 10 Гбит/с с аналогичной задержкой.

Код программы имеет два варианта. Первый вариант программы основан на передаче пакетов с помощью Интернет-протокола версии 4, а второй – на передаче пакетов с помощью IPv6. Так как данные протоколы Интернет имеют отличные друг от друга механизмы работы, они требуют также разный код при программировании их в имитационной модели.

Предметом исследования в данной работе является потеря пакетов в сети оператора, при использовании им протоколов IPv4 и IPv6 при прочих равных условиях.

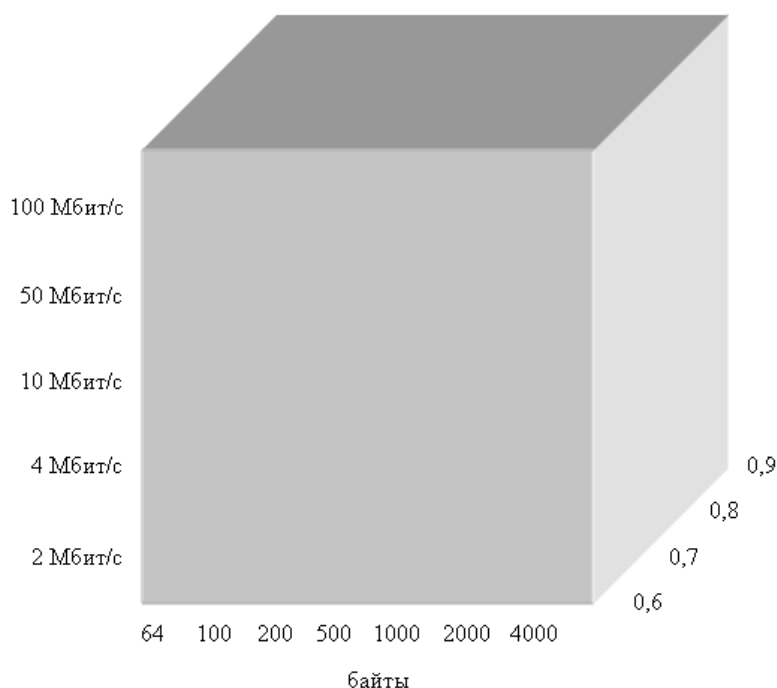


Рис.4. Масштаб экспериментов с помощью имитационной модели

Трафик в имитационной модели является самоподобным, и передаётся по протоколу транспортного уровня UDP. Создает трафик OnOff-генератор. Параметр On в течении которого генерируется трафик находится на основании распределения Вейбулла, а параметр Off является постоянным, и составляет 0,25.

Эксперименты шли в нескольких направлениях. Для наглядности это было представлено на Рис 4.

Из рисунка видно, что в ходе данной работы изменяется скорость доступа (скорость от хостов к узлам, имитирующем коммутаторы доступа) от 2 Мбит/с до 100 Мбит/с, размер пакета принимает семь значений от 64 байт до 4000 байт. Каждый из вариантов этих экспериментов проходит при четырёх значениях параметра Хёрста – от 0,6 до 0,9.

Такой «трёхмерный» эксперимент проводится четыре раза: для случая, когда между узлами агрегации существует кольцо при двух протоколах, и для случая, когда кольца нет при двух протоколах.

Всего в процессе работы было предусмотрено более пятиста экспериментов, в ходе которых изменялись различные параметры сети и поведения трафика, чтобы сравнить работу двух протоколов. Однако, учитывая ограничения по объёму публикации, здесь приведены лишь наиболее характерные результаты.

Результаты всех экспериментов представлены в магистерской научно-исследовательской работе и находятся на кафедре «Телекоммуникационных систем» ВолГУ.

Исследование потерь пакетов при передаче данных на основе IPv4 и IPv6

Для исследования были созданы две модели сети. Топология в обеих моделях одинаковая – используется один код. Одним кодом также запрограммирован генератор трафика. Разница заключается в сетевом уровне. В первом случае используется Интернет-протокол версии 4, в другом – его шестая версия.

Топология моделируемой сети представлена на Рис.3. Эксперименты проводились 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 протокола UDP для передачи данных;
- масштабируемость модели;
- учёт самоподобия трафика;
- использование OnOff-генератора с распределением Вейбулла.

В ходе исследования было проведено 560 экспериментов, по каждому из которых был получен и обработан файл трассировки. Каждый трейс-файл несёт в себе информацию о 10 секундах модельного времени. Работа модели представлена на Рис.5.

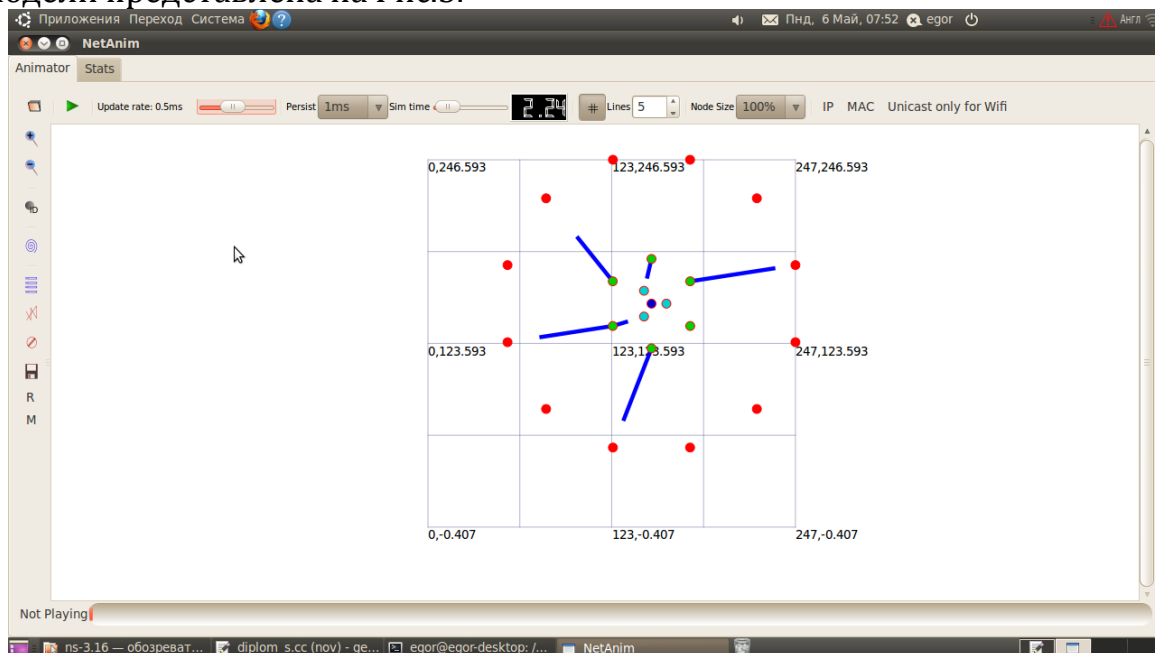


Рис.5. Работа модели в визуализаторе NetAnim (экранная копия)

В модели использовались значения размеров передаваемых пакетов из разных диапазонов, а именно 64, 100, 200, 500, 1000, 2000 и 4000 байт. Эти значения были взяты, чтобы охватить весь диапазон значений «вокруг» минимально допустимого, и вероятного наиболее применимого, значения MTU для протокола IPv6. Это необходимо для того, чтобы посмотреть, как ведёт себя новый протокол при различных условиях.

На сегодняшний день рынок широкополосного доступа в Интернет предлагает пользователям довольно большой выбор скоростей. Поэтому в данной работе не было остановки на одной конкретной скорости, а промоделированы пять скоростей: 2, 5, 10, 50 и 100 Мбит/с.

Помимо стороны пользователя, в модели была затронута и сторона оператора. Модель была исследована при двух вариантах. В первом варианте коммутаторы распределения были объединены в кольцо. Во втором варианте «кольца» не было, и коммутаторы взаимодействуют друг с другом через маршрутизатор ядра.

Так как современные IP-сети обладают свойством самоподобия, параметры генерации трафика подбирались таким образом, чтобы исследовать сеть при четырёх значениях параметра Хёрста: 0,6, 0,7, 0,8 и 0,9.

Как видно из графиков, при размере пакетов до 500 байт, скорость не сильно влияет на потери, которые почти одинаковы на этом отрезке. На следующем отрезке, от 500 байт до 1000 байт, кривые расходятся. А дальше

наблюдается интересный момент: на отрезке от 1000 байт до 4000 байт скорость доступа практически не влияет на потери у протокола IPv6, в отличие от IPv4. Если второго потери стремятся к нулю при увеличении скорости, что логично, то у первого потери находятся на уровне около 20%.

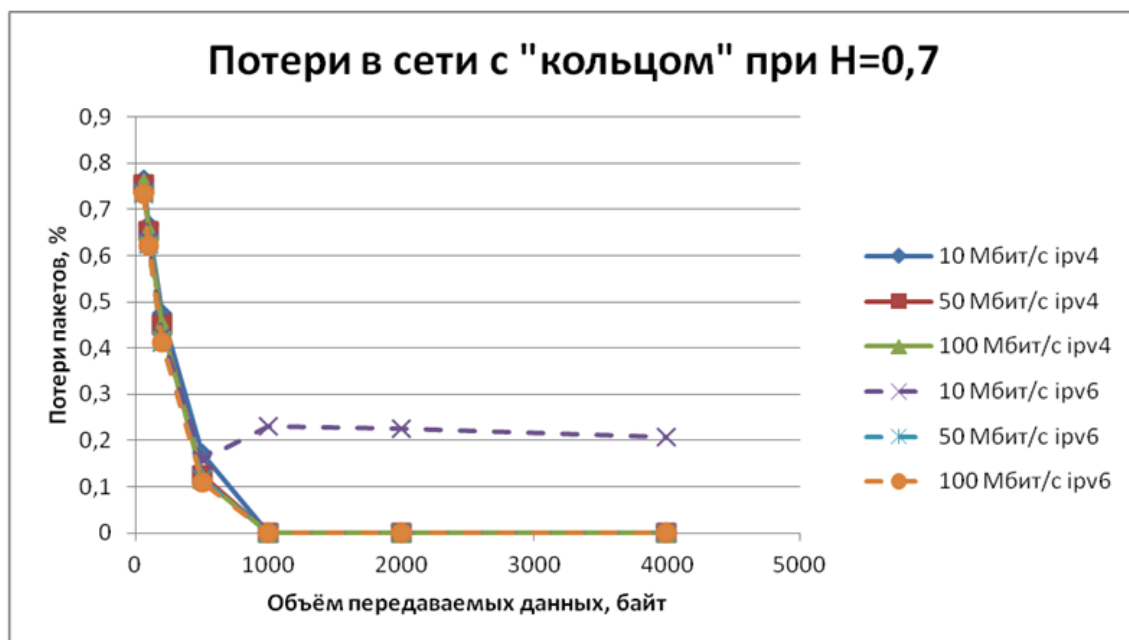


Рис.6. Случай кольца на уровне распределения (агрегации)

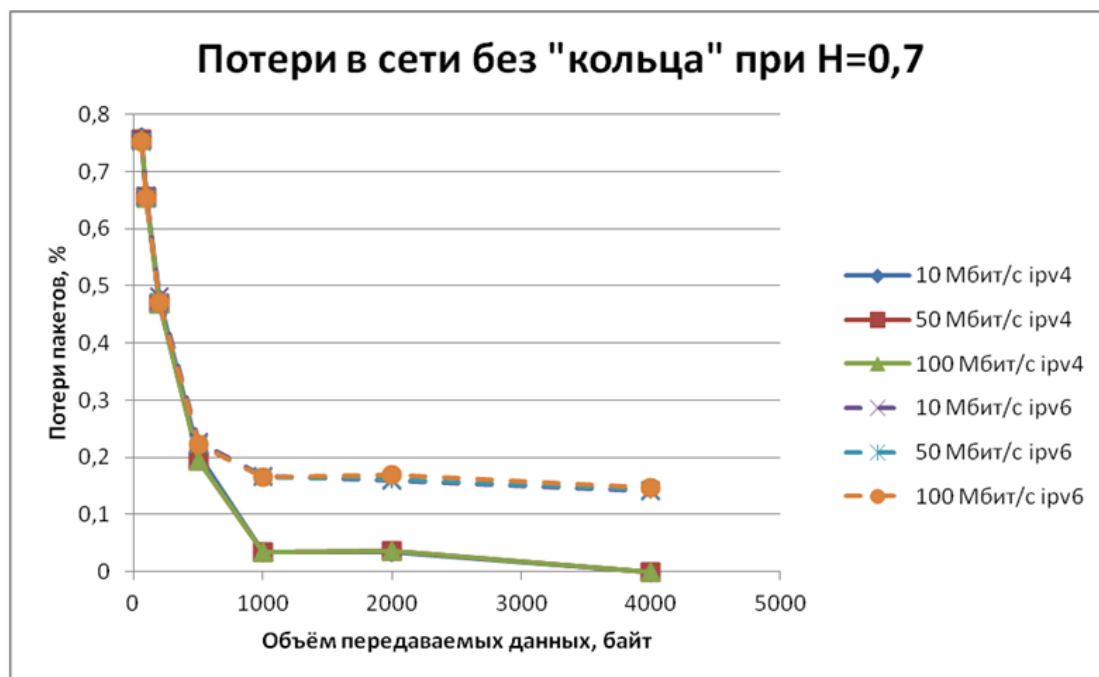


Рис.7. Случай отсутствия кольца на уровне распределения (агрегации)

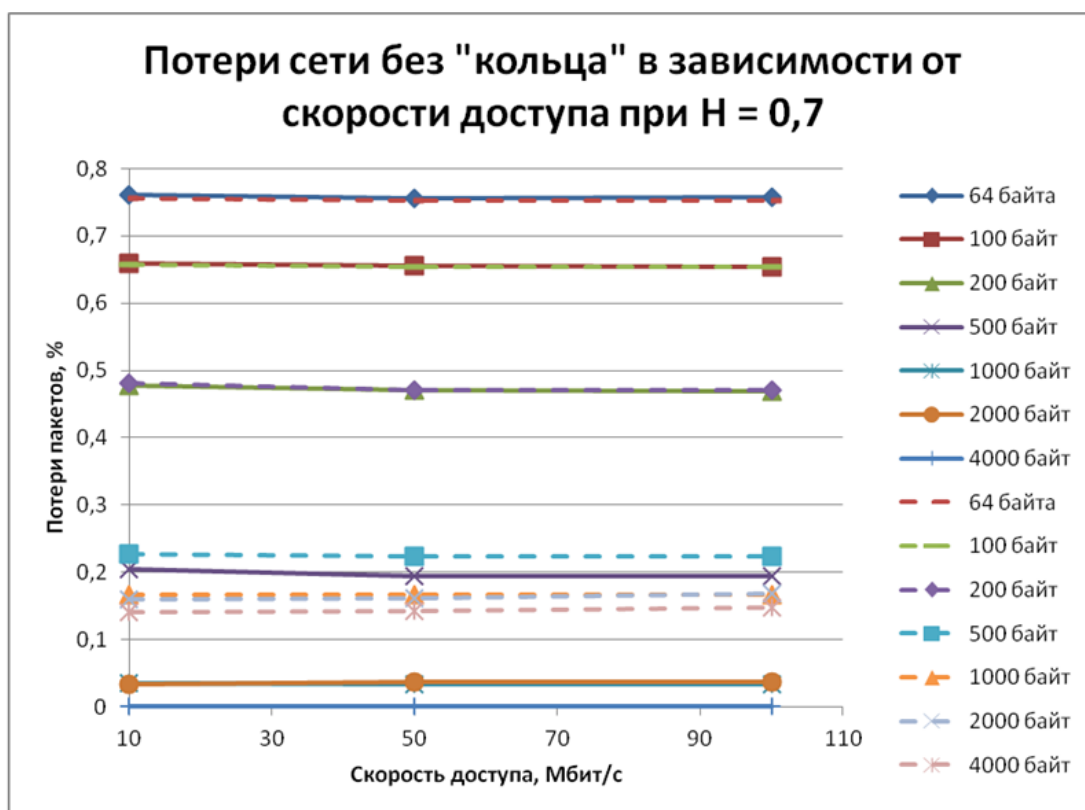


Рис.8. Случай отсутствия кольца на уровне распределения (агрегации)

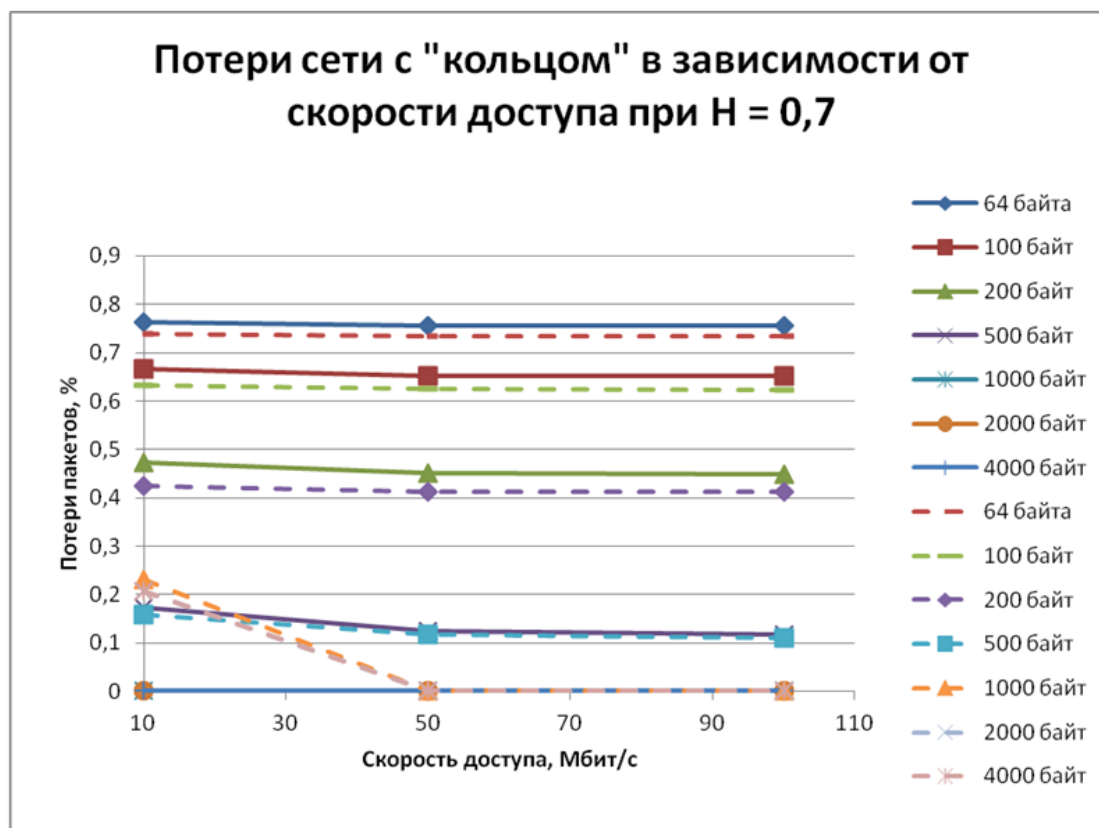


Рис.9. Случай кольца на уровне распределения (агрегации)

На Рис.6-7 показаны проценты потери пакетов в зависимости от величины передаваемых пользовательских данных. Соответственно нужно иметь в виду, что реальный размер пакета на различных уровнях модели OSI будет больше.

Различие потери пакетов при разных версиях Интернет-протокола объясняется различием механизмов маршрутизации реализованных в симуляторе для этих протоколов. Для IPv6 в NS-3 реализована пока только статическая маршрутизация, что, впрочем, адекватно отражает реальную ситуацию при неизменности топологии сети и скоростей каналов в ней. В случае варианта сети без «кольца» на уровне распределения ситуация стабильна - потери пакетов IPv6 снижаются до уровня примерно 15% при достижении объёма передаваемых данных в 1000 байт и далее от размера передаваемых данных не зависят. Ситуация с IPv4 в случае звездообразной топологии выглядит лучше – потери составляют около 3%, и опускаются до нуля при дальнейшем увеличении до 4000 байт.

Ситуация явно улучшается при объединении коммутаторов распределения в кольцо. При разных объёмах данных, передаваемых в пакете, и скоростях доступа 50 Мбит/с и 100 Мбит/с протокол IPv6 показывает результат даже лучший, чем протокол IPv4 на 1-2%. В обоих случаях трафик проходит по «кольцу» распределения, не затрагивая маршрутизатор ядра, в который поступают только служебные ICMP-пакеты IPv6. Исключение составляет случай, когда скорость доступа имеет значение 10 Мбит/с. Если с IPv4 ситуация соответствует двум другим скоростям, то с IPv6 потери начинают возрастать после объёма передаваемых данных в 500 байт, затем наблюдается рост потерь до 23% при длине данных 1000 байт и далее снижаются по мере увеличения объёма данных пакетов до 20% при 4000 байт. При детальном изучении трассировочных файлов становится понятно, что данные начинают также проходить через маршрутизатор ядра и процент потерь в «ядре» составляет 80% от всех потерь в сети, а остальные потери относятся к уровню распределения.

Если посмотреть на полученные результаты под другим углом зрения, то видно, что потери пакетов при звездообразной топологии (Рис.8) так или иначе имеют место при обеих версиях протокола IP и при различных длинах передаваемых данных, которые, однако, снижаются при увеличении их длины. Напротив, при топологии с кольцом на уровне распределения (Рис.9) лучших результатов достигает протокол IPv6 при размерах данных более 2000 байт при том, что у протокола IPv4 на этих же длинах потери пакетов всё же имеют место.

При детальном анализе файлов трассировки становятся понятны возможные причины описанных явлений.

При анализе заголовка пакетов в трассировочных файлах, видно использование заголовка расширений Fragment Header. Размер пакета на данном отрезке больше размера MTU, но транзитные узлы теперь при IPv6

пакеты уже не фрагментируют. Соответственно данные должны фрагментироваться либо уровнем выше сетевого, либо однократно на стороне отправителя, и передаваться фрагментами до пункта назначения. Так как фрагментации на уровне приложения в модели не происходит, она выполняется на узле-отправителе, используя дополнительный заголовок Fragment Header. Недостатком этого механизма является то, что при потере одного фрагмента, получатель уже не сможет собрать пакет, и он фактически теряется и процент потери пакетов растет, и приходится высылать весь пакет заново, что создает дополнительную нагрузку на сеть.

На основании полученных результатов можно дать следующие рекомендации операторам:

1. Архитектура сети должна иметь «горизонтальные» связи коммутаторов уровня распределения (агрегации) для обеспечения дополнительных путей движения пакетов в обход устройств ядра. Это не только разгрузит оборудование ядра, но и исключит единую точку отказа всей сети в случае, если ядро состоит из одного устройства, что по нашей жизни бывает нередко.

2. Увеличение MTU в своей сети. Современное телекоммуникационное оборудование и каналы связи позволяют сделать этот параметр больше. Это избавит источник, не имеющий своих инструментов, от фрагментации на сетевом уровне, а также положительно повлияет на увеличение пропускной способности, благодаря уменьшению количества заголовков.

3. Увеличение скорости доступа конечного пользователя. На Рис.9 видно, что потери в данной архитектуре сети сводятся к нулю при использовании обеих версий протокола IP при тарифах более 50 Мбит/с и соответствующих длин пакетов, которые уже являются обычными в крупных городах в сетях операторов федерального уровня.

4. Целесообразно использовать пакеты большой длины, дабы уменьшить нагрузку транзитных узлов и передавать больше информации за один акт обработки заголовка.

Результаты данной работы могут быть использованы телекоммуникационными операторами для предварительной оценки ресурсов и действий, необходимых для успешной миграции телекоммуникационных сетей с IPv4 на IPv6.

Литература

1. Материалы сервера <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>
2. Дериев И. IPv6, не дожидаясь провайдера. 28.07.2011. Материалы сервера <http://www.ixbt.com/soft/ipv6.shtml>
3. Алексеев И. Переход на IPv6. Журнал «LAN», №07-08, 2001 год // Издательство «Открытые системы». Материалы сервера <http://www.realcoding.net/article/view/636>
4. Материалы сервера <http://www.ipv6.ru/russian/history/ipv4.php>
5. Материалы сервера <http://do.gendocs.ru/docs/index-242882.html>
6. Материалы сервера <http://ipv6.ispras.ru/article.html>
7. Материалы сервера http://cdo.bseu.by/library/ibs1/net_1/tcp_ip/net/frmp_ipv6.htm

8. RFC 2374. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc2374>
9. RFC 4291. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc4291>
10. RFC 2373. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc2373>
11. RFC 3587. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc3587>
12. RFC 2460. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc2460>
13. RFC 4303. Материалы сервера <http://tools.ietf.org/html/rfc4303>
14. Построение широкополосной телекоммуникационной сети пакетной коммутации с интеграцией услуг с учётом свойств сетевого трафика [Текст]: учеб. Пособие / П.В. Ромасевич; Гос. образоват. учреждение высш. проф. Образования «Волгогр. гос. ун-т», Каф.телекоммуникац. систем. – Волгоград :Изд-во ВолГУ, 2009. – 92 с.
15. Материалы сервера <http://www.nsnam.org/docs/release/3.16/tutorial/ns-3-tutorial.pdf>
16. Столлинс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
17. Ю.И.Лосев, К.М.Руккас. Анализ моделей вероятности потери пакетов в буфере маршрутизатора с учетом фрактальности трафика // Вісник Харківського національного університету, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління» – 2008, №833, с.163-169
18. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. Монография. / Под ред. О.И. Шелухина. – М.:Радиотехника, 2003. – 480 с.
19. П.В.Ромасевич. Исследование сети MetroEthernet на основе её имитационной модели//Известия ОрелГТУ, Информационные системы и технологии – 2010, №2/58 (585)
20. 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
21. МСЭ-T Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters//December 2002.

Фёдоров И.Г.

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ), Москва, кандидат технических наук, профессор IFedorov@mesi.ru

Метод выявления ошибок в модели бизнес-процесса с использованием сетей Петри

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Верификация бизнес-процессов, сети Петри, BPMN, BPMS.

АННОТАЦИЯ:

Исполняемые модели бизнес-процессов, как и программы, нуждаются в доказательстве бездефектного завершения. Существующие сегодня критерии не позволяют проводить анализ произвольной сети математическими методами. В работе переопределяются критерии бездефектного завершения, которые могут быть вычислены математическими методами. Т.о., предлагаемый метод формальной верификация исполняемой модели бизнес-процесса сетями Петри м.б. использован для автоматической проверки бездефектности средствами BPMS.

Введение

Исполняемая модель бизнес-процесса, как и программа, нуждается в доказательстве бездефектного завершения. Единожды стартовав, процесс должен завершиться за конечное число шагов, для этого - не содержать ловушек и бесконечных циклов. Вопросы анализа бездефектного завершения является очень актуальным, поскольку сложность моделей постоянно возрастает, а встроенные в среду моделирования средства проверки пока являются далеко не совершенными. Основная нагрузка по отладке модели ложится на плечи аналитика, который не имеет достаточной математической подготовки, что бы анализировать процесс инженерными методами [1].

Большое число работ, посвященных анализу бездефектного завершения бизнес-процесса, выполнены в техническом университете Эйндховена (TU/e) [2], [3], [4], [5], [6]. Все они используют подход, основанный на отображении бизнес-процесса в сети Петри (СП) с целью дальнейшего его анализа формальными математическими методами. Базовые концепции этих работ формировались в период, когда на рынке доминировали системы управления потоком работ. Сейчас большую популярность приобрели системы управления бизнес-процессами. В следствие некоторых отличий этих систем, критерии бездефектного завершения нуждаются в уточнении.

Данная работа ставит перед собой задачи: уточнить критерий

бездефектности модели бизнес-процесса в нотации BPMN, найти формальный метод доказательства ее завершаемости. Рассматриваются модели, имеющие несколько входов, все они являются альтернативными, и выходов, они также альтернативные, причем одно иницилирующее стартовое событие создает ровно один отклик на его выходе.

Сети Петри потоков работ

Для моделирования систем потоков работ в TU/e был выделен специальный подкласс - сети Петри потоков работ (СППР) [5], обладающий следующими свойствами. Сеть содержит единственную начальную позицию, называемую исток, не имеющую входных дуг, и одну конечную позицию, называемую сток, она не имеет выходных дуг. Сеть является связной - если произвольная позиция достижима из истока, то существует последовательность срабатываний переходов, переводящих маркер из этой позиции в сток. В начале, ни одна из позиций сети не содержит маркеров. Исполнение начинается, когда маркер помещается в начальную позицию и завершается, когда он достигает конечной.

В СППР маркер обычно ассоциируется с экземпляром обрабатываемого задания - материальным объектом или информационной сущностью. Считается, что статус исполнения определяется положением маркера в сети, а изменение объекта в результате обработки не анализируется. Переход ассоциируется с работой, событием или перемещением, он изменяет состояние системы путем передвижения маркера из позиции в позицию. Позиция пассивна, она не изменяет и не перемещает маркер, только сохраняет его между переходами.

Критерием бездефектности СП принято считать свойства ее живости и безо-пасность. Первое свойство говорит об отсутствии тупиков, второе позволяет моделировать двоичный триггер. Проверка указанных свойств осуществляется путем построения дерева достижимости.

Анализ применимости СППР для моделирования процессов в нотации BPMN

Авторы СППР рассматривают модели с одним входом и одним выходом. Проверим, насколько СППР применима для анализа бизнес-процессов в нотации BPMN?

3. СППР имеет единственную начальную позицию-исток. Нотация BPMN допускает много стартовых событий на одной модели, но рекомендует, что бы они были альтернативными.

4. Сеть «начинает работать» когда во входную позицию помещается маркер. К сожалению, это правило не определяет, что произойдет, если в уже работающую сеть в начальную позицию будет помещен еще один маркер. Может возникнуть коллизия, когда два маркера будут двигаться по сети один за другим.

5. СППР имеет единственную конечную позицию сток. Нотация BPMN допускает много завершающих событий на одной модели, но рекомендует, что бы они были альтернативными.

6. В качестве критерия отсутствия тупиков авторы предлагают анализировать свойство живости и безопасности. Однако известно, что СП, содержащая исток и сток не является безопасной и живой [7]. Видимо поэтому, авторы добавляют в модель т.н. замыкающий маршрут, направленный от стока к истоку [4]. Однако сущность этого дополнительного маршрута остается неясной.

7. Когда маркер достигнет стока, в остальных позициях сети не останется других маркеров. Рассмотрим коллизию, связанную с генерацией маркеров (см. Рисунок 3). Поток управления вначале разветвляется на узле «И», при этом, один маркер создает потоки в двух параллельных ветвях. Затем ветви объединяются на узле «ИЛИ», который пропускает далее маркеры из обеих параллельных ветвей. Возникает коллизия, один входной маркер порождает несколько выходных. При этом свойство безопасности не нарушается, после объединения ветвей, маркеры могут продвигаться вперед, так что в любой момент времени маркеры, поступившие из параллельных ветвей, окажутся в разных позициях. Когда первый достигнет стока условие завершения не будет выполнено.

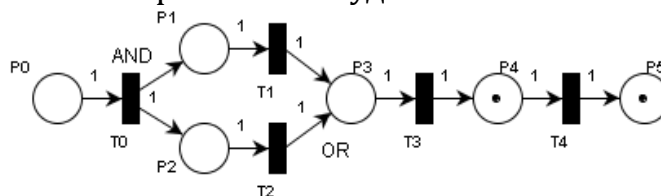


Рисунок 1. Процессный паттерн CP10

8. В качестве рекомендации по разработке бездефектной модели авторы предлагают т.н. хорошо структурированные схемы, где операторы ветвления и слияния «И» используются только попарно. Действительно, такая конструкция гарантирует бездефектность. На момент создания анализируемых критериев большинство систем управления потоками работ позволяли создавать только хорошо структурированные модели процессов [3]. Тем самым, их создатели намеренно ограничивали изобразительные возможности и мощность моделирования, однако защищали аналитиков от возможных ошибок.

9. С принятием в качестве стандарта моделирования BPMN 2.0 [8] ситуация кардинально изменилась. Нотация позволяет моделировать схемы, которые не соответствуют критерию хорошей структурированности. Хотя мощность моделирования возросла, аналитик оказался один на один с проблемой обеспечения бездефектности полученной модели.

10. Авторы не различают переходы СП, которые отображают операции процесса и переходы, которые отображают логические операторы, допускают объединять их в один переход на схеме СППР. Это делается, что бы упростить полученную модель. Мы будем отдельно изображать переходы, которые соответствуют операциям процесса и те, которые соответствуют логическим операторам [9]. Впоследствии,

воспользовавшись правилами редукции СП, которые сохраняют структурные свойства, мы позднее удалим «лишние» узлы.

Обоснование выбора способа анализа процесса СП

Различают поведенческие и структурные свойства СП [7]. Свойство называют поведенческим, если оно справедливо для определенной начальной маркировки сети, это же свойство называют структурным, если оно справедливо для любой допустимой маркировки. Структурное свойство является более строгим, чем поведенческое, поскольку справедливо для всех допустимых маркировок.

В большинстве работ TU/e предполагается анализ поведенческих свойств модели. Например, обсуждавшиеся выше критерии бездефектной завершаемости - свойства живости и безопасности, являются поведенческими. Это накладывает на способы отображения исходного процесса в СП требование поведенческой эквивалентности. В работе [6] анализируются сложности, возникающие при таком отображении, некоторые проблемы еще не разрешены. Анализ проводится методом построения дерева достижимости. Авторы сообщают, что при числе узлов, равном двадцати, возникают проблемы с производительностью вычислителя.

Однако возникает вопрос о целесообразности поведенческого моделирования процесса в нотации BPMN с помощью СП. Во-первых, СППР не моделирует данные, т.ч. нельзя определить направление, по которому логический оператор маршрутизирует поток управления. Это не позволяет анализировать поведение отдельного экземпляра процесса. Во-вторых, системы BPMS позволяют проводить имитационное испытание процесса непосредственно в среде моделирования, причем с учетом поведения процесса при любых сочетаниях данных.

Вместе с тем, доказав структурное свойство процесса, мы сможем утверждать, что оно выполняется при любых сочетаниях данных. Отказавшись от необходимости обеспечить поведенческую эквивалентность СП и бизнес-процесса, мы существенно упростим их взаимное отображение. Мы сосредоточимся на анализе структурных свойств модели бизнес-процесса.

Анализ свойств модели бизнес-процесса

Рассмотрим набор свойств бизнес-процесса, которые мы положим в основу уточненных критериев доказательства бездефектности. Во-первых, модель не должна иметь тупиков, для этого соответствующая СП должна быть живой и сильно связной.

Во-вторых, докажем важное свойство бизнес-процессов - одно иницирующее стартовое событие создает ровно один отклик на его выходе. Будем иметь в виду, каждый результат на выходе бизнес-процесса д.б. индивидуально идентифицируем, так что бы было возможно посчитать результативность процесса за определенный интервал времени [10]. Если предположить, что одно входное воздействие может сгенерировать

несколько выходных, то следует допустить, что их число может оказаться неисчислимо большим. Но это противоречит требованию счетности результата. Конечно, можно представить модель, которая на одно входное воздействие будет генерировать выходной сигнал с определенной периодичностью, однако вряд ли это задача моделирования бизнес-процесса, скорее вопрос программирования конечного автомата.

Сети Петри для моделирования бизнес-процессов

Переопределим сеть Петри бизнес-процессов (СПБП), уточним критерии бездефектной завершаемости. Процесс в нотации BPMN начинается со стартового события, которое трактуется как работа, инициирующая экземпляр процесса. В СП работе ставится в соответствие переход, назовем его стартовым и обозначим t_c . Завершающее событие процесса мы будем так же трактовать как работу, она возвращает в вызывающий процесс статус завершения текущего, обозначим его t_3 . От завершающего перехода в сторону стартового направлена «закрывающая дуга», она проходит через специальную позицию, назовем ее P_0 . Смысл закрывающей дуги в следующем. В начальной маркировке позиция P_0 единственная, которая содержит маркер, в этот момент стартовый переход t_c является подготовленным, так что его срабатывание инициирует процесс. В результате срабатывания маркер покинет позицию P_0 , вход окажется заблокирован от нового старта. Если исполнение процесса завершается бездефектно, то после срабатывания завершающего перехода t_3 маркер снова помещается в позицию P_0 . Вход будет разблокирован (см. Рисунок 2-А).

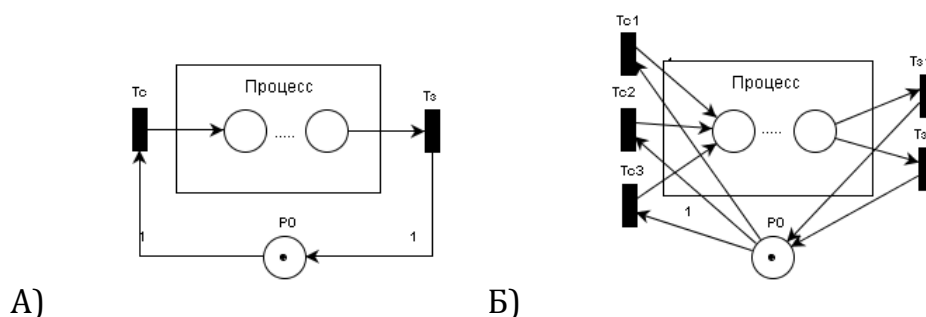


Рисунок 2. СП для моделирования бизнес-процессов

В результате выполнения процесса маркер возвращается в домашнюю позицию P_0 . Это свойство называется реверсивностью сети. После того, как сеть завершит работу и маркер достигнет позиция P_0 , в остальных позициях не должно оставаться других маркеров. Для этого сеть должна обладать свойством сохранения относительно вектора взвешивания. Таким образом, что бы процесс оказался вполне завершаемым, он должен удовлетворять структурным свойствам реверсивности и сохранения.

Настало время расширить наше определение. Нотация BPMN допускает несколько стартовых событий, они д.б. альтернативными [11].

СПБП может иметь несколько стартовых переходов, назовем из t_{ci} , где i есть число событий. Все стартовые события t_{ci} , связаны замыкающими дугами с позицией P_0 и являются альтернативными. Событие, произошедшее первым, инициирует экземпляр процесса и, тем самым, заблокирует остальные входы. Если произойдет другое запланированное событие, то оно не окажет влияния на работающий экземпляр, но может породить другую копию процесса (см. Рисунок 2-Б).

Модель процесса в нотации BPMN использует завершающее событие, что бы проинформировать родительский процесс о результате своего завершения потомка. Статусы завершения альтернативны, так что в случае успешного завершения произойдет возврат в вызывающий процесс, а в случае отказа - обработка ошибочной ситуации. Таким образом, СПБП может иметь несколько альтернативных завершающих переходов t_{zj} , где j равно числу альтернатив. Все они связаны замыкающими дугами с позицией P_0 .

Проверка бездефектной завершаемости СПБП

Анализ бездефектной завершаемости процесса будем проводить путем проверки его структурных свойств с использованием фундаментального уравнения СП [7]. Напомним, что матрица инцидентности $A = [a_{ij}]$ есть прямоугольная матрица размером $(n \times m)$ причем каждая строка соответствует одному из переходов, а каждый столбец – одной из позиций. Содержимое любой ячейки матрицы равно разнице между суммой всех дуг, входящих в данную позицию из соответствующего перехода, и суммой всех выходящих дуг, направленных в сторону того же перехода. Р-инвариант - это вектор-строка, ее размер равен числу позиций $\{n\}$ в анализируемой сети Петри. Если существует неотрицательный Р-инвариант, такой что его произведение на матрицу инцидентности равно 0, то соответствующая СП является сохраняющей, а найденный Р-инвариант и есть искомый вектор взвешивания. Т-инвариант - это вектор-столбец, его размер равен числу строк $\{m\}$ в анализируемой сети Петри. Если существует неотрицательный Т-инвариант, такой что его произведение на матрицу инцидентности равно 0, то сеть обладает свойством реверсивности. Найденный Т-инвариант есть вектор числа срабатываний, возвращающий сеть в начальное состояние. Таким образом, анализ свойств сети сводится к построению матрицы инцидентности и поиску Р- и Т-инвариантов.

Покажем, что предлагаемые критерии бездефектности эквивалентны исходным, определенным в ТУ/е. Согласно теореме о рангах матрицы инцидентности, существование неотрицательных инвариантов является необходимым, но не является достаточным [12] условием живости и безопасности. Необходимо проверить, что ранг матрицы инцидентности равен числу кластеров минус один. Кластер – это объединение переходов и позиций одной сети Петри, такое, что каждый переход группируется со своими входными позициями, а если какая-либо позиция является входной

для нескольких переходов, то эти переходы со своими входными позициями включаются в тот же кластер.

Исходная сеть является чистой, ни одна из позиций не связана ни с одним переходом одновременно входящими и исходящими дугами, это важно при составлении матрицы инцидентности. Алгоритмы вычисления инвариантов [13], вычисления ранга матрицы и нахождения ее кластеров известны и описаны в литературе. Таким образом, предлагаемый матричный метод анализа позволяет решить поставленную задачу проверки бездефектности существующих моделей процессов.

Выводы:

Данная работа решает задачи: уточнить критерий бездефектности модели бизнес-процесса в нотации BPMN, найти формальный метод доказательства ее завершаемости.

Новизна работы заключается в рассмотрении моделей процессов, имеющих несколько входов, все они являются альтернативными, и выходов, они также альтернативные, причем одно иницилирующее стартовое событие создает ровно один отклик на его выходе. Предлагается отказаться от моделирования поведенческих свойств бизнес-процесса и построения дерева достижимости, сконцентрировать внимание на его структурных характеристиках. Удалось переопределить сеть Петри бизнес-процесса, которая может иметь альтернативные входные и выходные позиции, что исключает коллизии при старте и завершении процесса. Сеть имеет домашнюю маркировку, которая разрешает срабатывание только одного из стартовых событий. В качестве структурных свойств, определяющих бездефектную завершаемость выбраны: реверсивность и консервативность. Для проверки свойств предлагается проконтролировать существование неотрицательных Р и Т-инвариантов СПБП, проверить выполнимость теоремы о рангах.

Практическая значимость результатов заключается в том, что вычислительные затраты оказываются меньшие, по сравнению с традиционным подходом. Построение дерева достижимости имеет экспоненциальную сложность в зависимости от размерности решаемой задачи, так сеть с двумя десятками элементов может иметь более 5000 допустимых маркировок [14]. Анализ структурных свойств менее трудоемок – имеет полиномиальную сложность. Поскольку алгоритмы вычисления этих свойств, можно рекомендовать встроить их в среду моделирования BPMS.

Литература:

1. Silver B. // BPMS Watch. 2006. URL: <http://brsilver.com/whats-wrong-with-this-picture-part-3/>
2. van der Aalst W., van Hee K., ter Hofstede A., Sidorova N., Verbeek H., Voorhoeve M., Wynn M., "Soundness of Workflow Nets: Classification, Decidability, and Analysis," Formal Aspects of Computing, Vol. Volume 23, No. Issue 3, May 2011. pp. 333-363.
3. Kiepuszewski B., ter Hofstede A., and van der Aalst W., "Fundamentals of Control Flow in Workflows," Vol. 39, No. 3, 2002.

4. van der Aalst W., "A class of Petri nets for modeling and analyzing business processes," Computing Science Report, Eindhoven Univ. of Technology , Vol. 95, No. 26, 1995.
5. van der Aalst W., "The application of Petri nets to workflow management," Journal of Circuits, Systems and Computers, Vol. 8, No. 1, 1998. pp. 21-66.
6. Dijkman R., Dumas M., Ouyang C., "Formal Semantics and Analysis of BPMN Process Models using Petri Nets," No. <http://eprints.qut.edu.au/7115/01/7115.pdf>, 2007.
7. Murata T., "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," Proceedings of the IEEE, , Vol. 77, No. 4, April 1989.. pp. 541-80.
8. OMG, "Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0," 2012.
9. Фёдоров И., "Метод отображения исполняемой модели бизнес-процесса в сети Петри," Экономика, статистика, информатика. Вестник УМО, No. 4, Сентябрь 2013.
10. Sharp A. M.P. Workflow Modeling, Artech House Publishers. Artech House Publishers.
11. OMG. Business Process Model and Notation (BPMN) 2010. URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>
12. Desel J. Espaza J., Free Choice Petri Nets. Cambridge University Press, 1997.
13. Schmidt K. Computation of Invariants for Algebraic Petri Nets // Workshop on Concurrency, Specification and Programming (CS&P'93), Proceedings. Warsaw, Poland,. 1993. pp. 196–218.
14. Wynn M. T. and Verbeek H.M.W. and van der Aalst W M. and ter Hofstede A. H. and Edmond D., "Business Process Verification - Finally a Reality!," Business Process Management Journal, Emerald, Vol. 15, No. 1, 2007. pp. 74 - 92.

Бахусова Е.В.

Тольяттинский филиал Российского государственного социального университета, доцент,
bahusova@mail.ru

Методы поддержки принятия решений на основе нечеткой математики

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Нечеткая математика, методы поддержки принятия решений, методика преподавания, IT-специалист.

АННОТАЦИЯ:

В статье изложены методы поддержки принятия решений, разработанные на основе нечёткой математики; выделены методические особенности преподавания указанных методов в вузе для будущих IT-специалистов.

В учебные планы подготовки бакалавров по направлению «Прикладная информатика» входит дисциплина «Элементы теории нечётких множеств», в рамках которой студенты знакомятся с теорией нечёткой математики и её приложениями. Нечёткая математика зародилась и сформировалась во второй половине прошлого столетия в связи с развитием интеллектуальных систем. Автором первой научной статьи по нечётким множествам «Fuzzy Sets» (1965 г.) является американский учёный российского происхождения Лотфи Заде [1]. К наиболее значимым работам в области нечёткой математики относятся публикации Л. Заде, Д. Дюбуа (D. Dubois) и А. Прада (H. Prade) по теории нечеткой меры и меры возможности, М.Сугено (M. Sugeno) по нечеткому выводу и нечеткому интегралу, Дж. Беждека (J. Bezdek) по нечеткой кластеризации и распознаванию образов, Р. Ягера (R. Yager) по нечеткой логике [2].

В середине 1970-х г.г. были предложены первые реализации нечетких моделей в промышленности, а в начале 1980-х гг. нечеткая математика получила свое дальнейшее развитие в целом ряде программных средств поддержки принятия решений и в экспертных системах анализа данных. В конце 80-х годов Бартоломеем Коско была доказана теорема о нечеткой аппроксимации (Fuzzy Approximation Theorem), согласно которой *любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечеткой логике*. Была исследована взаимосвязь нечеткой логики и теории нейронных сетей [3]. В работах М. Земанковой (Maria Zemankova-Leech) и А. Кандела (Abraham Kandel) были заложены основы теории нечетких систем управления базами данных, способных оперировать неточными данными, обрабатывать нечетко заданные запросы, а также использовать качественные параметры наряду с

количественными. Была разработана нечеткая алгебра, позволяющая использовать при вычислениях как точные, так и приблизительные значения переменных [4]. Широкое распространение получили изобретенные Б. Коско нечеткие когнитивные модели (Fuzzy Cognitive Maps), на которых базируется большинство современных систем динамического моделирования в области финансов, политики и бизнеса.

В настоящее время приложения нечеткой математики можно найти в сотнях промышленных изделий - от систем управления электропоездами и боевыми вертолетами до бытовой техники. Нечеткая логика используется для принятия политических решений и моделирования возможных кризисных ситуаций в современных ситуационных центрах руководителей западных стран, в программных системах, обслуживающих большой бизнес. Нечеткой логике обязано своим рождением и новое поколение систем имитационного моделирования. Большинство программных комплексов, используемых в мире для экономического, политического и финансового моделирования, базируется на методах динамики систем (system dynamics), а последняя, в свою очередь, использует аппарат нечетких когнитивных схем (FCM), предложенных Б. Коско в начале 80-х и впервые испытанных «в боевых условиях» во время политического кризиса в Южной Африке. Без систем когнитивного моделирования не обходится ни один ситуационный центр военного и политического руководства западных стран [2].

Краткий исторический обзор развития нечёткой математики и её приложений доказывает важность изучения дисциплины «Элементы теории нечётких множеств» для будущих IT-специалистов. Содержательно дисциплина делится на две части. В первой части изложены основы нечёткой математики [6, 8]. Во второй части студенты изучают методы поддержки принятия решений на основе нечёткой математики, а именно: *метод анализа иерархий (МАИ); метод принятия решения при помощи группы экспертов, характеризуемых весовыми коэффициентами; метод принятия решений при помощи группы экспертов, характеризуемых отношением нестрогого предпочтения; процесс нечёткого логического вывода.*

Основной целью дисциплины «Элементы теории нечётких множеств» является освоение студентами указанных методов для последующего их применения в курсовых и дипломных работах.

Дадим краткое описание каждого метода и некоторые методические замечания.

Метод анализа иерархий (МАИ) предложен и детально описан Томасом Саати в работе «Принятие решений: метод анализа иерархий» [5]. МАИ позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, в которой первый уровень – постановка проблемы, следующий – качества (критерии), которыми должны обладать возможные варианты решения проблемы, самый нижний уровень – альтернативные варианты решения проблемы

(альтернативы). Общие критерии могут разделяться на критерии частного характера. Иерархия отражает понимание проблемы лицом, принимающим решение. Каждый элемент иерархии может представлять различные аспекты решаемой задачи, причем во внимание могут быть приняты как материальные, так и нематериальные факторы, измеряемые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективные экспертные оценки. Для каждой группы критериев и для альтернатив определяются коэффициенты важности в результате попарного сравнения. Результат сравнения оценивается по дискретной бальной шкале.

К существенным недостаткам метода относятся: рассогласование оценок, связанное с трудностями оценки отношений сложных элементов; рассогласование связанное с предложенной дискретной шкалой для оценки элементов; резкое увеличение количества оценок с увеличением набора элементов и как следствие - не рекомендуется набор элементов больше 9; пересчет отношений значимости элементов в их важность осуществляется приближенным методом.

Не смотря на то, что МАИ не имеет строгого научного обоснования и больше примыкает к эвристическим методам, этот метод нашел широкое практическое применение из-за своей простоты и наглядности. Метод Анализа Иерархий используется во всем мире для принятия решений в разнообразных ситуациях: от управления на межгосударственном уровне до решения отраслевых и частных проблем в бизнесе, промышленности, здравоохранении и образовании.

Для компьютерной поддержки МАИ существуют программные продукты, разработанные различными компаниями, например программа «MPRIORITY 1.0». Для освоения МАИ от студентов требуются знания из линейной алгебры и нечёткой математики. Большинство студентов не испытывают затруднения в разработке программных продуктов для реализации МАИ в решении конкретных задач.

Метод принятия решения группой экспертов, характеризующихся весовыми коэффициентами и метод принятия решения группой экспертов, характеризующихся нечётким отношением нестрогого предпочтения между ними менее известны по сравнению с МАИ. Как следует из названия, эти методы используют мнения экспертов относительно альтернатив решения проблемы. При этом лицо принимающее решение может по-разному относиться к мнению экспертов, что находит выражение в весовых коэффициентах для экспертов или в нечётком отношении нестрогого предпочтения между экспертами. Чтобы корректно использовать эти методы ЛПР и эксперты должны владеть основами нечёткой математики.

Для понимания указанных методов и дальнейшей разработки программных продуктов, студенты должны владеть основами матричной алгебры и аппаратом нечёткой математики, который включает понятия: нечёткое множество, пересечение нечётких множеств, нечёткое отношение,

обратное нечёткое отношение, операции разности, объединения, пересечения нечётких отношений, выпуклая комбинация нечётких отношений, композиция нечётких отношений. Строгое математическое обоснование каждого метода невозможно из-за дефицита учебного времени. Но аппарат нечёткой математики максимально приближен к мышлению человека, интуитивно понятен, что позволяет объяснить каждый шаг метода. В качестве упражнения студентам предлагается прокомментировать каждый шаг метода, то есть перевести с математического (формального) языка на обычный (неформальный) язык. Это упражнение является отличной проверкой знания и понимания студентами аппарата нечёткой математики. В таблице 1 приведены первые шаги алгоритма задачи принятия решений группой экспертов, характеризующихся весовыми коэффициентами. Студентам предлагается самостоятельно заполнить третий столбец в виде комментария к каждому шагу алгоритма

Табл. 1

№ шага	Описание метода на математическом языке	Неформальный комментарий
1.	Найти нечёткое отношение нестрого предпочтения Q : $Q = Q_1 Q_2 \dots Q_m$.	Нечёткое отношение Q выражает <i>совместное пессимистическое, критическое или минимальное, мнение экспертов</i> относительно парных сравнений альтернатив из множества U .)
2.	Найти нечёткое отношение Q^{-1} , обратное к нечёткому отношению Q .	Отношение Q выражает степень предпочтения альтернативы u_i перед альтернативой u_j , отношение Q^{-1} выражает степень предпочтения альтернативы u_j перед альтернативой u_i
3.	Найти нечёткое отношение $Q_s = Q / Q^{-1}$.	Нечёткое отношение строгого предпочтения Q_s выражает степень доминирования альтернативы u_i над альтернативами u_j .

Процесс нечеткого логического вывода – это процесс принятия решения по управлению некоторым объектом на основе заранее разработанной базы правил, представляющей собой информацию о различных состояниях объекта. В общем случае механизм нечёткого логического вывода включает следующие этапы: формирование базы нечётких правил, связывающих входные и выходные переменные; фаззификация входных переменных; агрегирование условий в нечётких правилах; активация подзаключений в нечётких правилах; аккумуляирование заключений нечётких правил; дефаззификация. Процесс нечёткого логического вывода соединяет в себе все основные концепции теории нечеткой математики: функции принадлежности, лингвистические

переменные, нечёткие логические формулы, нечёткие логические операции конъюнкции, дизъюнкции, импликации, отрицания, операции разности, объединения, пересечения нечётких множеств, методы нечеткой импликации и т.п. Для изучения метода рассматриваются задачи с небольшим количеством входных (не более 3-х) и выходных (не более 2-х) переменных. Такие задачи студенты решают сначала без привлечения ПК, затем изучается инструментальная поддержка метода в среде MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. В рамках этого пакета пользователь может выполнять необходимые действия по разработке и использованию нечётких моделей в интерактивном режиме с помощью графических средств редактирования и визуализации всех компонентов систем нечёткого вывода, а также в режиме команд с помощью ввода имён соответствующих функций с необходимыми аргументами непосредственно в окно команд системы MATLAB.

В пособии «Автоматизированные информационные системы поддержки принятия решений» [7] изложены приведённые выше методы и даны описание информационных систем, реализующих данные методы.

В качестве итоговой работы изучения дисциплины «Элементы теории нечётких множеств» студентам предлагается самостоятельно подобрать проблемные ситуации из своего опыта, которые можно разрешить изученными методами поддержки принятия решений и разработать соответствующее инструментальное средство. Приведём формулировки наиболее интересных работ студентов ТФ РГСУ по данной тематике:

- *«Разработка информационной автоматизированной системы для подбора индивидуальной программы тренировок в тренажёрном зале», автор Кильдюшкина Оксана.*
- *«Разработка АИС на основе МАИ для выбора микроконтроллера», автор Солтус Анатолий.*
- *«Разработка АИС для риэлтерских компаний, осуществляющая подбор квартиры на основе нечёткой информации», автор Климина Наталья.*
- *«Моделирование нечеткой оценки породистости домашних животных», автор Ефременко Никита.*
- *«Нечёткая модель подсчёта расхода топлива до предпочтительной АЗС с использованием показателей GPS-навигатора и параметров движения автомобиля», автор Марулин Александр.*
- *«Моделирование нечёткой оценки прыжка в воду на основе нечёткого логического вывода», автор Бахусов Илья.*

Особенно следует отметить последнюю работу, в которой предложена идея моделирования нечёткой оценки прыжка в воду без участия судей, что полностью решает проблему субъективизма судейства в данном виде спорта.

Литература

1. L. A. Zadeh (1965) «Fuzzy sets». Information and Control 8 (3) 338–353.
2. А. Масалович «Нечёткая логика: на гребне «Третьей волны»». Сайт «Тора-Центр»(URL http://www.tora-centre.ru/library/fuzzy/ct_fuz.htm 02.09.2013).
3. Kosko, Bart. Fuzzy thinking / Hyperion, 1993. 5. Kosko, Bart. Neural Networks and Fuzzy Systems / Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1991.
4. Zemankova-Leech, Maria, and Abraham Kandel. Fuzzy Relational Data Bases: A Key to Expert Systems / Cologne: Verlag TUV Rheinland, 1984.
5. Томас Саати «Принятие решений: метод анализа иерархий». М.: Радио и связь, 1993г. 278 с.
6. Е.В.Бахусова «Нечёткая математика для программистов»: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТФ РГСУ, 2012 г. 88 с.
7. Е.В.Бахусова «Автоматизированные информационные системы поддержки принятия решений»: учебное пособие. Тольятти: ТФ РГСУ, 2012 г. 88 с.
8. Е.В.Бахусова «Элементы теории нечётких множеств»: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2013 г. 115 с.

Евсюков А.А.

Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН),
старший научный сотрудник, alev@icm.krasn.ru

Применение технологии OLAP для построения тематических карт

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Технология OLAP, тематическая карта, географическая информационная система, картографическая привязка многомерных данных.

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена интеграции программных инструментов технологии оперативной аналитической обработки данных OLAP и географических информационных систем. Предлагается использовать операции над многомерными данными технологии OLAP в качестве инструмента формирования аналитических запросов для построения тематических карт в ГИС.

Технология географических информационных систем (ГИС) является неотъемлемой составляющей современных информационно-аналитических систем. Применение ГИС в сочетании со средствами оперативной аналитической обработки данных OLAP (On-Line Analytical Processing), экспертными системами и другими информационными технологиями требует развития новых программных средств. Предназначенные для решения задач в своих областях, такие программные средства не рассчитаны на тесное взаимодействие. Различия в пользовательских интерфейсах, методах хранения данных и прочие факторы затрудняют работу пользователя.

Целью данной работы является разработка алгоритмических средств, обеспечивающих единую среду и общее управление оперативной обработкой данных OLAP [1] с возможностью их отображения и интерпретации в ГИС. На основе интеграции OLAP и ГИС предлагается реализация технологии оперативного географического моделирования. Требование оперативности предполагает получение информации по территориально ориентированным задачам в реальном времени.

Интеграция ГИС и OLAP-системы [2] способствует повышению наглядности представления результатов аналитической обработки данных, сочетая ее с гео моделированием. Возможности динамической связи картографических объектов с многомерными данными существенно расширяют функциональность как OLAP-системы, так и встроенной в

систему ГИС. В результате интеграции OLAP-система приобретает дополнительные возможности наглядного представления многомерных данных, ГИС – мощный блок управления данными на основе OLAP с развитым инструментарием по формированию аналитических запросов.

Интерактивный картографический инструментарий

Рассмотрим механизм отображения данных OLAP-анализа на карте. В основе механизма динамической связи карты и гиперкуба данных OLAP-системы лежит картографическая привязка данных, устанавливающая соответствие между территориальными объектами карты и одним из измерений гиперкуба – географическим измерением. Привязка географического измерения осуществляется к одному или нескольким картографическим слоям. Чтобы значения показателя гиперкуба отобразить в виде тематической карты, необходимо построить легенду тех слоев, к объектам которых выполнена картографическая привязка. При построении легенды используются методы тематического картографирования, позволяющие объекты слоя разбить на классы на основе соответствующих значений анализируемого показателя.

В качестве интерактивных инструментов в программную реализацию средств геомоделирования добавлен блок управления многомерными данными. Блок управления включает в себя список аналитических показателей, доступных для построения тематических карт, а также фильтр многомерных данных. Применение фильтрации позволяет выполнять операцию среза гиперкуба данных с помощью фиксации значений любых измерений, кроме географического. Также для одного выбранного аналитиком измерения (например, времени) в панель инструментов ГИС добавлен выпадающий список его значений. При изменении анализируемого показателя или фиксации значений измерений происходит новое формирование тематической карты. Предусмотрена возможность сохранить для каждого показателя свою уникальную легенду отображения слоев.

При геомоделировании результатов OLAP-анализа помимо использования статических картографических слоев, предлагается использовать методы динамического формирования объектов слоя [3]. Такой вид слоев соответствует представлению на карте объектов, существование, местоположение и форма которых определяется в зависимости от данных, принятых из OLAP-системы. Для формирования новых слоев могут быть использованы таблицы агрегатов, содержащие агрегированные данные, прошедшие предварительную обработку. Это позволяет сформировать новый слой не только на основе собранных статистических данных, но и на основе аналитических результатов.

Для получения информации о сформированных картографических объектах предусмотрены информационные карточки. В карточках отображаются значения показателей, соответствующие данному объекту для фиксированных на данный момент измерений. Также в

информационные карточки добавлены ссылки для запуска расчетных методик. Набор доступных методик определяется аналитиком в зависимости от назначения конкретной модели.

Механизм картографической привязки многомерных данных

Формально многомерный куб данных OLAP-системы может быть представлен в виде: $G = \langle D, F \rangle$, где $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ – множество осей (измерений гиперкуба). Каждое измерение представляет собой упорядоченное множество значений определенного типа; $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – совокупность множеств значений показателей, определяющих его информационное наполнение. В рамках представленной модели многомерных данных для определения значения показателя будем использовать функцию от m переменных, по числу измерений: $f_i = f_i(d_1, d_2, \dots, d_m)$.

Для осуществления картографической привязки в гиперкубе выделим географическое измерение $\hat{d}$, значения которого совпадают с полем привязки картографического слоя, одного или нескольких. Выберем измерение d^A для создания анимации. Значения измерения d^A заранее не фиксированы. Это позволяет отобразить анимацией динамику изменения любого показателя в зависимости от значений d^A .

Для построения тематической карты зафиксируем значения измерений $d_i \subseteq D: d_i \neq \hat{d}, d_i \neq d^A, i = \overline{1, m}$ и из F выберем показатель f^* , который будет отображаться на карте: $f^* = f^*(d_1^*, d_2^*, \dots, \hat{d}, \dots, d^A, \dots, d_m^*)$, где $d_1^*, d_2^*, \dots, d_m^*$ – фиксированные значения измерений (метки), кроме $\hat{d}$ и d^A , которые не фиксированы и соответственно может принимать любое значение из своей области определения. Построение множества значений показателя f^* определим как операцию среза над гиперкубом данных G по всем фиксированным измерениям.

Для отображения значений показателя f^* построим электронную карту $M = \langle L, S \rangle$, где $L = \{L_1, L_2, \dots, L_p\}$ – множество картографических слоев; $S = (s_1, s_2, \dots, s_q)$ – упорядоченное множество значений свойств отображения карты.

Слой L_i определяется как $L_i = \langle O_i, T_i, A_i(O_i, T_i), P_i \rangle$, где $O_i = (o_i^1, o_i^2, \dots, o_i^{f_i})$ – упорядоченное множество территориальных объектов заданного типа, $T_i = (t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^{g_i})$ – упорядоченное множество атрибутивных свойств слоя – полей атрибутивной таблицы A_i , $A_i(O_i, T_i)$ – атрибутивная таблица, элементы которой $a_i^{j,k}$ определены значениями из набора T_i для каждого объекта из O_i , здесь $j = \overline{1, f_i}$ определяет строки таблицы, а $k = \overline{1, g_i}$

– столбцы таблицы (поля), $P_i = \langle B_i, C_i \rangle$ – легенда слоя, здесь $B_i = (b_i^1, b_i^2, \dots, b_i^{v_i})$ – упорядоченное множество значений свойств слоя, $C_i = (c_i^1, c_i^2, \dots, c_i^{w_i})$ – упорядоченное множество классов разбиения множества объектов O_i слоя L_i .

Привязка географического измерения $\hat{d}$ осуществляется к одному или нескольким картографическим слоям. Пусть $L' \subseteq L$ – подмножество слоев, к которым осуществляется привязка, и мощность его $|L'| = l$. Каждый слой содержит атрибутивную таблицу $A_i, i = \overline{1, l}$. В одном из полей таблицы $t_i^{k^*}$ $k^* \in [1, g_i]$ хранится множество идентификаторов объектов слоя. Если значение идентификатора $a_i^{j, k^*} \in \hat{d}, j = \overline{1, f_i}$, то к объекту o_i^j можно построить картографическую привязку значения показателя f^* . Таким образом устанавливается соответствие между территориальными объектами карты и географическим измерением гиперкуба $\hat{d}$.

Чтобы значения показателя f^* отобразить в виде тематической карты, необходимо построить легенду тех слоев $L' \subseteq L$, к объектам которых выполнена картографическая привязка. При построении легенды $P_i = \langle B_i, C_i \rangle$ используются методы тематического картографирования, позволяющие объекты O_i слоя L_i разбить на классы C_i на основе соответствующих значений анализируемого показателя f^* . Для того чтобы на карте различать объекты O_i разных классов из C_i , для каждого класса задается ряд настроек отображения B_i : цвет объектов, цвет контура и тип заливки объектов для площадного слоя, условное обозначение (символ) объектов для точечного слоя, состояние (видимые или скрытые).

В результате картографической привязки многомерных данных будет построено $|d^A| = r$ тематических карт, каждая из которых является отображением значений анализируемого показателя f^* из среза гиперкуба данных по всем измерениям, кроме географического измерения $\hat{d}$. При этом каждой из r построенных карт будет соответствовать свое значение измерения $d_i^A \in d^A, i = \overline{1, r}$. Картограммы могут отображаться через равные промежутки времени в режиме анимации, либо быть выбраны для просмотра пользователем.

На основе представленной выше модели построен алгоритм картографической привязки многомерных данных. Упрощенная блок-схема алгоритма приведена на рисунке 1. После выбора карты, перед выбором слоев для картографической привязки, добавлена возможность динамического формирования картографических слоев.

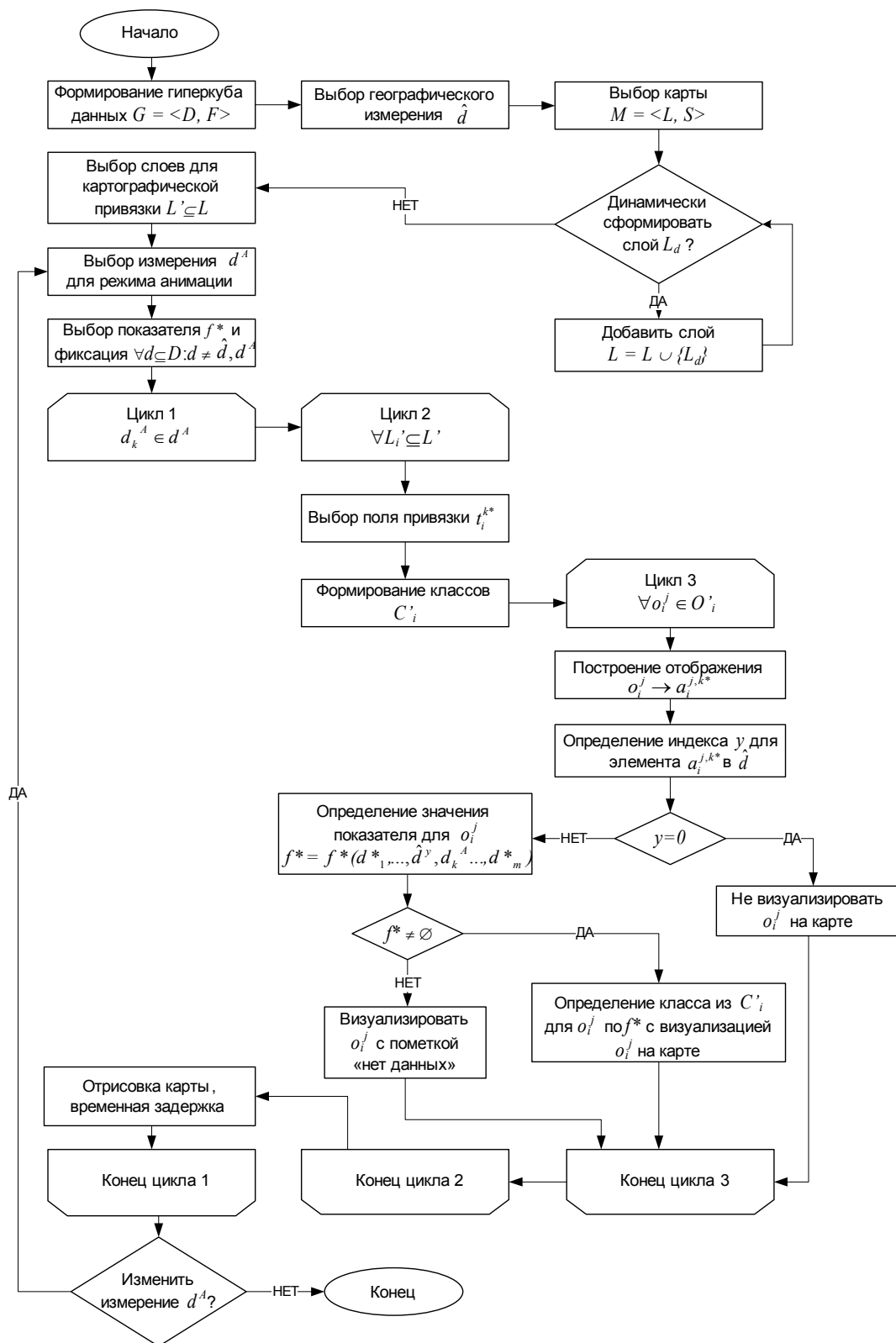


Рис. 1. Алгоритм картографической привязки многомерных данных

Если необходимость в динамическом формировании слоя в поставленной задаче существует, во множество слоев L карты M добавляется слой L_d . При этом динамически можно сформировать не один,

а несколько новых слоев. Далее определяются слои, к которым будет осуществляться картографическая привязка данных. Выбирается анализируемый показатель.

Для всех территориальных объектов из слоев привязки происходит определение, каким образом данные объекты отображать на карте. Для этого строится отображение территориальных объектов записям атрибутивной таблицы из определенных полей привязки. Если элементу атрибутивной таблицы не соответствует ни одно из значений географического измерения, то территориальный объект не будет отображаться на тематической карте. Если территориальному объекту соответствует пустая мера гиперкуба данных, то объект визуализируется на карте с пометкой «нет данных». В обратном случае, по значению анализируемого показателя, соответствующего объекту, определяется класс, которому принадлежит объект. При визуализации на карте объект наследует свойства отображения данного класса.

Пример использования разработанного инструментария

Приведем пример интеграции инструментов OLAP и ГИС технологий на основе разработанных алгоритмических и программных средств. В качестве прикладной задачи рассмотрим обработку данных мониторинга химически опасных объектов (ХОО) с возможностью проведения расчетов масштабов техногенных аварий [4, 5]. Необходимо построить OLAP-модель оперативной обстановки на ХОО. Модель использует информацию из справочников ХОО, аварийно химически опасных веществ (АХОВ), содержания АХОВ на ХОО, перечня ОКАТО, списка метеостанций и данных измерений с метеостанций. Метеорологические данные используются для расчета химических аварий на ХОО. На основе установления связей между перечисленными таблицами идет построения гиперкуба данных. Измерениями гиперкуба являются: наименование и идентификатор ХОО, АХОВ (имеющееся на предприятии), метеостанция (находящаяся в одном населенном пункте с ХОО), дата измерения, код территории. Показатели построенного гиперкуба – это состояние ХОО, содержание АХОВ на ХОО, температура воздуха, направление и скорость ветра.

После построения OLAP-модели необходимо выполнить картографическую привязку многомерных данных. Привязка осуществляется к сохраненной карте, покрывающей собой всю сеть ХОО из справочника объектов. Сам слой ХОО является точечным, формируется динамически на основе текущего содержания одноименного справочника. Для формирования слоя используются географические координаты ХОО, хранящиеся в справочнике. Кроме организации пространственной данных на основе справочника формируется атрибутивная таблица слоя ХОО. Привязка значений гиперкуба к карте осуществляется на основе соответствия идентификаторов ХОО из одноименного измерения гиперкуба к полю идентификаторов ХОО сформированной атрибутивной таблицы.

На рисунке 2 приведено картографическое представление результатов OLAP-моделирования. Динамически сформированный слой ХОО отображается в виде символьных значков, цвет которых зависит от текущего состояния объекта – одного из показателей построенной OLAP-модели. Красный цвет соответствует аварийному состоянию объекта, зеленый – нормальному состоянию. Серым цветом отображаются объекты, для которых нет данных (значений показателя) на текущую дату. Предусмотрена возможность переключения текущей даты (являющейся измерением гиперкуба) и выбора показателя, для чего в навигационной панели инструментов добавлены выпадающие списки значений.

Для обзора значений показателей, соответствующих конкретным объектам введена информационная карточка объектов. Карточка отображаются в случае наведения курсором мыши на точечный объект динамически сформированного слоя. В информационной карточке пользователь может узнать информацию о значениях по всем показателям, соответствующих ХОО для выбранной даты. На рисунке 2 приведена информационная карточка для Ачинского мясокомбината.

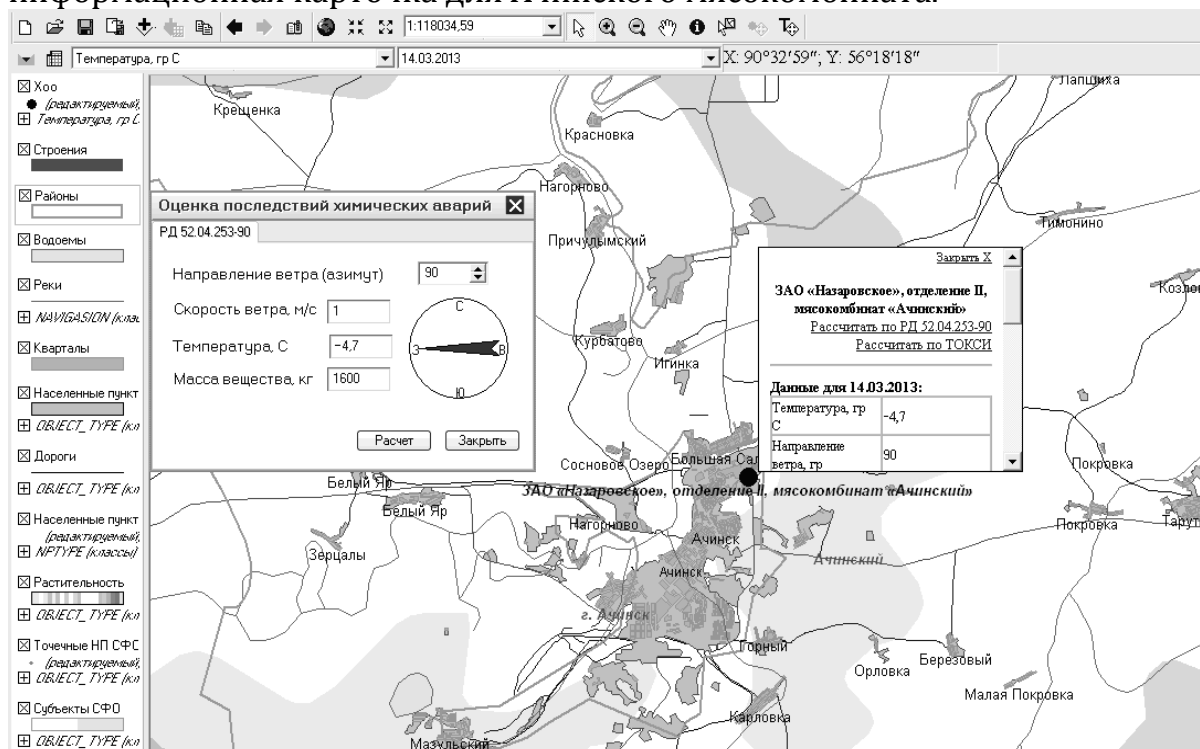


Рис. 2. Гидрологическая обстановка на территории Красноярского края

В информационную карточку объекта добавлены пункты выбора методики, с помощью которой можно произвести расчет результатов химической аварии. После выбора методики загружается отдельная форма с полями входных данных для дальнейшего расчета. По умолчанию значения формы заполняются текущими значениями показателей (такими как масса АХОВ и метеоданные), переданных OLAP-модели. При этом пользователь может изменить полученные значения. На рисунке 2 можно

увидеть форму «оценки последствий химических аварий», где входные данные для расчета заполнены на основе данных информационной карточки ХОО.

После выполнения расчета происходит динамическое формирование нового картографического слоя, соответствующего рассчитанной зоне заражения. Масштабный коэффициент карты пересчитывается, так чтобы были видны новый слой и окружающие его окрестности. Автоматически происходит формирование списка объектов, хотя бы частично попавших в зону заражения.

Заключение

Интеграция ГИС и OLAP-системы способствует повышению наглядности представления результатов аналитической обработки данных, сочетая ее с гео моделированием. Возможности динамической связи картографических объектов с многомерными данными существенно расширяют функциональность как OLAP-системы, так и встроенной в систему ГИС. В результате интеграции OLAP-система приобретает дополнительные возможности наглядного представления многомерных данных, ГИС-инструментарий формирования аналитических запросов для построения тематических карт.

Литература

1. Codd, E.F. Providing OLAP. On-line Analytical Processing to User-Analists: An IT Mandate / E.F. Codd, S.B. Codd. – C. T. Salley, E. F. Codd & Associates, 1993.
2. Ноженкова, Л.Ф., Евсюков А.А., Ноженков А.И. Методы управления и геоинформационного моделирования в технологии OLAP // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 1 (2009 2), 49-58.
3. Евсюков, А.А. Динамическое формирование картографических слоев в информационно-аналитических системах / А.А. Евсюков // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. №1. – Красноярск: 2011. – С. 15-20.
4. Korobko A.V., Penkova, T.G., Nicheporchuk V.V., Minaev A.S. The integral OLAP-model of the emergency risk estimation in case of Krasnoyarsk region // Proc. 36th International Convention. The conference «Business Intelligence Systems (miproBIS)», 2013. – pp. 1456-1461.
5. Евсюков, А.А. Использование средств оперативного гео моделирования для мониторинга ЧС на территории Сибирского федерального округа / А.А. Евсюков, В.В. Ничепорчук, А.А. Марков // ГЕО-Сибирь-2010. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 3 : сб. матер IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19-29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2010. С. 132-137.

Казенников А.О.

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), аспирант, kazennikov@gmail.com

Алгоритм автоматического извлечения полей данных из сообщений новостного потока

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Новостной поток, поля данных, алгоритм извлечения данных, веб-страница.

АННОТАЦИЯ:

В статье представлен алгоритм автоматического извлечения полей из веб-страниц новостных сообщений. Алгоритм основан на выборе целевого узла DOM-модели (Document Object Model) HTML-документа на основе статистических методов классификации. Основное отличие от существующих алгоритмов состоит в двустадийной схеме работы и значительно расширенной модели признаков для классификации. Разработанный алгоритм позволяет автоматически извлекать информацию из веб-страниц по заданному образцу. Результатом работы алгоритма является процедура извлечения содержания, устойчивая к изменению верстки и расположению целевой информации на веб-странице.

Введение

Большинство информационных агентств и СМИ в интернете предоставляют доступ к новостям только в виде HTML-страниц. Это удобно для конечного пользователя — новость хорошо оформлена и удобна для чтения. Но оно не рассчитано на автоматическую обработку сообщений. Для использования процедур автоматического анализа необходимо структурированное представление новостного сообщения, содержащее следующие структурированные элементы:

1. Заголовок новости;
2. Дата и время новости;
3. Текст новости.

Авторами был разработан алгоритм кластеризации новостного потока [1,2], для экспериментальной оценки которого процедуры извлечения информации из веб-страниц были разработаны вручную. Однако такое решение плохо масштабируется на большое количество новостных источников.

В настоящее время для решения задачи извлечения информации применяются составленные вручную правила выделения элементов,

основанные на XPath-выражениях [3] и селекторах CSS (CSS – cascading style sheet). Существуют и решения для автоматического выделения содержания веб-страницы [3,4,5,6,7,8].

Подход на основе правил выделения элементов и CSS-селекторов очень трудоемок. Для каждого новостного источника необходимо составить правила извлечения содержания. Кроме того, необходимо вручную поддерживать работоспособность этих правил — они могут перестать работать при любом изменении структуры веб-страницы.

Автоматические средства удаления разметки эффективны для простых документов. Однако, современные веб-страницы имеют сложную структуру. В ней присутствуют навигационные элементы, рекламные блоки, динамически подгружаемая информация, комментарии. В результате после удаления разметки останутся неинформативные текстовые блоки (текст навигационных элементов, баннеров и т.д.), не относящиеся к содержанию страницы.

За последние несколько лет исследования в области автоматических средств анализа были направлены на решение задачи выделения основной части веб-страницы [3,4,5,8]. Однако эти подходы решают только задачу выделения основной части, тогда как для анализа новостного потока необходимо извлечение структурированной информации, о которой говорилось выше.

В статье представлен алгоритм, который сочетает автоматические методы выделения основного содержания веб-страницы и выделение структурных элементов новостного сообщения.

Основное отличие представленного алгоритма от существующих заключается в возможности извлечения отдельных элементов веб-страницы, таких как заголовок, дата публикации, основной текст новости и другие. В результате предлагаемый алгоритм позволяет более детально извлекать и структурировать информацию.

Постановка задачи

Задача автоматического извлечения основных элементов новостного сообщения ставиться следующим образом.

Для заданной веб-страницы необходимо извлечь информацию заданного типа. Для новостного сообщения рассматриваются следующие структурные типы:

1. Текстовые данные (для заголовка и основного тела новости);
2. Дата и время (для даты публикации новости).

Практически все современные подходы по извлечению информации из веб-страницы используют DOM-модель в качестве представления HTML-страницы. DOM-модель является иерархическим представлением HTML-страницы, узлами которой являются HTML-теги и текст между ними. DOM-модель является унифицированным средством для навигации и изменения содержания веб-страницы.

Но, несмотря на то, что DOM-модель является хорошо

организованной структурой, она не может быть использована непосредственно для структурного представления новостного сообщения, поскольку HTML-страница (и DOM-документ) ориентирована на отображение в веб-браузере, а не на автоматический анализ.

Задача извлечения будет считаться решенной, если необходимые данные будут извлечены с точностью до узла DOM-дерева.

Существующие решения

Рассмотрим два основных подхода к автоматическому извлечению содержательной части веб-страницы:

- методы для выделения основной части страницы [4,5,6,7,8];
- методы выявления повторяющихся (шаблонных) элементов страницы [6,9,10,11].

Большинство современных методов идентификации и выделения основной части страницы основаны на статистических свойствах блоков HTML-страницы. Принципиальная схема построения этих алгоритмов следующая: страница разбивается на блоки, которые потенциально могли бы быть основным содержимым страницы. Затем оценивается каждый из этих блоков и в итоге выбирается наиболее вероятный блок, который считается основным текстом страницы. Так, в работе [4] предложен метод на основе машинного обучения для автоматического определения блоков, не несущих существенную содержательную информацию. Метод состоит из следующих шагов: выделяются блоки на основе тегов `div`, `span`, `table`, `td`. Затем, часть этих блоков размечается экспертами. Полученная выборка используется для обучения классификатора блоков на основе дерева принятия решений на основе алгоритма C4.5[12]. Алгоритм C4.5 последовательно конструирует дерево решений, разделяя текущую обучающую выборку на две части по значению некоторого признака. На каждом шаге используется признак, который для данного множества примеров максимально различает целевые классы. Для обучения использовались признаки геометрических размеров блоков, ссылочная информация, структурных данных. В [5] представлен метод на основе частичной визуализации веб-страницы. Метод преобразует веб-страницу в дерево, узлами которого являются визуально связанные блоки. В этом случае блок – поддереву DOM-представления документа, визуально составляющее единое целое. Для идентификации блока основного содержания страницы оценивается разнородность содержимого данного блока. В результате ранжирование блоков производится не только по их содержательным характеристикам, но и по пространственным (таким как расположение или размер) элементов. В работе [6] представлен достаточно простой метод выделения содержания на основе плотности информации. За основу взято количество текстовых символов на один тег. Подход основан на предположении, что основная часть страницы содержит много текста и мало html-тегов, что справедливо для новостей и блогов. Обратная

ситуация наблюдается в рекламных и навигационных блоках. Для этого в работе [7] предложен усовершенствованный метод, учитывающий статистику ссылок. Для отсеивания неинформативных блоков используется пороговый подход – если плотность выше некоторого значения, то блок считается содержательным. Такой подход эффективен для определения основного содержания страницы. Однако он может вызывать ошибки на содержательной части, в которой имеется высокая плотность тегов. Например, к таким частям относятся списки интересов пользователя в социальных сетях, предыдущие места работы, поля со сложной структурой, в которых каждый элемент оформлен отдельным тегом и др.

Принципиально другим подходом к извлечению информации из веб-страниц являются подходы выделения шаблонных (устойчивых) элементов [4,7,8]. Подход предполагает, что, во-первых, большинство современных сайтов использует автоматическую генерацию своих основных страниц. Это справедливо практически для всех отраслей: новостных сайтов, блогов, форумов, интернет-магазинов и т.п. Во-вторых, метод предполагает, что возможен сбор большого количества страниц с однотипным содержанием с одного ресурса. В-третьих, предполагается, что полученная коллекция документов содержит только один уникальный шаблон для всех документов. Таким образом, кластеризация коллекции по разным шаблонам не входит в постановку задачи определения элементов. Основным принципиальным недостатком подходов этого типа является то, что при достаточной эффективности определения основного содержания страницы, метод не фильтрует изменяющиеся неинформативные блоки, например ссылки на похожие новости на новостном сайте, комментарии к новости и динамически встраиваемую рекламу.

В работе [8] для определения шаблонных элементов используются блоки, которые содержат функциональные элементы страницы одного назначения: навигационный блок, ссылочный блок, меню, основной текст, и т.п. Каждый документ коллекции разбивается на блоки. Для каждого блока оценивается его гомогенность на основе статистических характеристик: количества ссылок в каждом блоке, их плотности на единицу текста и тега и др. Затем блоки кластеризуются. Предполагается, что если большое число блоков разных страниц попали в один кластер, то они являются шаблонными. В работе [9] используется разбиение страницы по тегам, которые часто используются для формирования различных блоков информации. Это теги: table, div, span, td, dd. Затем предлагается выделять блоки не несущие информацию с помощью подсчета статистики слов в каждом блоке по всей коллекции. Другой подход предложен в работе [10], авторы которой используют метод под названием Site Style Tree. Метод заключается в построении общего DOM-дерева множества элементов. Если некоторый элемент уже есть в SST, то у него увеличивается счетчик. После построения SST для каждого узла оценивается разнообразие стилей представления и содержания. Меньшее разнообразие указывает на то, что

элемент является шаблонным. В результате возможно выявление часто повторяющихся элементов, которые можно считать неинформативными. В работе [11] используют совместную процедуру идентификации шаблонов и индексирования. Метод заключается в том, что во время индексирования страница разбивается на блоки. Затем происходит кластеризация на основе стиля и позиции блока. Предполагается, что похожие кластеры разных документов являются шаблонной частью, которую можно удалять.

Алгоритм извлечения структурных элементов из веб-страниц

Большинство методов извлечения информации базируется на машинном обучении для идентификации основной части страницы или шаблонного элемента. При идентификации основного содержания веб-страницы используются в основном методы классификации, в то время как для определения шаблонных элементов – методы кластеризации.

Кроме того, большинство методов явно использует свойства верстки современных веб-страниц:

- логическое разделение способа отображения веб-страницы и ее структуры;
- выделение каждого информационного элемента отдельным блоком (HTML теги div, span, table, td, li);
- активное использование шаблонов стилей CSS.

Формально задача машинного обучения ставится следующим образом. Пусть дано множество размеченных веб-страниц X , в которых отмечены интересующие нас элементы данных. Каждому DOM-элементу x каждой страницы из обучающего множества сопоставляется у метка о наличии в этом элементе требуемой информации. В результате создается множество пар (x, y) , которое пригодно для обработки методами машинного обучения.

Для классификации из каждого DOM-элемента извлекаются следующие признаки (по аналогии с работами [3,8]):

- Признаки текста, содержащегося в данном элементе:
 - Длина текста
 - Число слов
 - Средняя длина слова
 - Количество предложений
 - Средняя длина предложений
- Положение DOM-элемента в DOM-дереве:
 - Число непосредственных потомков текущего элемента
 - Длина пути до вершины DOM-дерева
 - Число родственных элементов (потомков непосредственного родителя данного узла)
 - Наличие вложенных блоков в данный DOM-элемент
- Признаки самого DOM-узла:
 - Название тега

○Список CSS-классов данного DOM-элемента

Основным отличием предлагаемого алгоритма является его существенное расширение за счет типов признаков:

- биграммы, триграммы и квадриграммы знаков названий CSS-классов и идентификатора данного элемента;
- *n*-граммы непосредственного родителя данного элемента;
- сочетания классов и идентификатора данного элемента и его родителя;
- средняя доля буквенных, цифровых, пунктуационных и пробельных символов в рассматриваемом элементе.

Эти признаки позволяют выделять не только основное содержимое веб-страницы, но и составные элементы содержимого. Расширение модели необходимо, поскольку решаемая задача более сложная, чем выделение основного содержания страницы. Кроме того, для решения этой задачи можно воспользоваться коллекцией документов, как и в задаче выделения шаблонных элементов, тогда как в постановке задачи выделения основного содержимого такая коллекция документов отсутствует.

В качестве алгоритма машинного обучения предлагается использовать алгоритм SVM [12] (Support Vector Machine) — машина опорных векторов. Этот алгоритм является эффективным для решения большого числа задач. В частности, он использовался авторами в алгоритме кластеризации новостных потоков [1]. Для линейной версии этого алгоритма существуют высокопроизводительные алгоритмы решения [12], масштабируемые на миллионы примеров для обучения.

Другим важным отличием предлагаемого алгоритма является использование двух стадий для извлечения структурных элементов. На первой стадии выделения очередного структурированного элемента выполняется выбор с помощью обученного классификатора элементов, которые могли бы содержать значение этого структурированного элемента. На второй стадии этот же классификатор используется для удаления из выбранных элементов «лишних» - тех, которые содержат данные, распределение которых сильно отличается от целевого. В результате, улучшается точность извлечения структурных элементов.

Предлагаемый алгоритм содержит две фазы: обучающую и рабочую.

Обучающая фаза состоит из следующих шагов:

- Разметка достаточно большой коллекции веб-страниц, содержащих информацию, которую необходимо извлекать.
- Формирование обучающей выборки на основе каждого DOM-узла каждой страницы размеченной коллекции.
- Конструирование классификатора DOM-элементов на основе представленной модели признаков.

Рабочая фаза состоит из двух стадий.

На первой стадии из обрабатываемой веб-страницы извлекаются

DOM-узлы, потенциально содержащие необходимую информацию. В общем случае извлекаются только DOM-узлы, соответствующие блокам языка HTML: теги div, span, table td, li, h1-h6. Затем из этих DOM элементов производится выбор DOM-элемента с наибольшей вероятностью, содержащего необходимую информацию на основе классификатора, построенного в фазе обучения.

На второй стадии производится так называемая «отрицательная» выборка — из оставшихся элементов удаляются те составные части, которые не содержат нужных данных.

Такой алгоритм работы позволяет корректно выделять даже те структурные элементы, в которых в DOM-элементах которых содержится лишняя информация. Так, например, в новостях сайта «Лента.ру» может содержаться врезка на материал по сюжету новости. Одностадийный алгоритм может выделить только новостной текст целиком, вместе с такой врезкой. Разработанный алгоритм может определить такую врезку и удалить ее на второй стадии работы.

Экспериментальная оценка алгоритма

Для экспериментальной оценки эффективности разработанного алгоритма были вручную размечены 2000 новостных сообщений каждого из сайтов «Лента.ру», «NewsRu.COM», «Interfax» и «РИА Новости». В этой выборке размечались:

1. Заголовок новости.
2. Дата новости.
3. Основной текст новости.

Проверка эффективности осуществляется следующим образом. На материале сайта «Лента.ру» выполняется обучающая фаза алгоритма. Затем выполняется рабочая фаза на новостных сообщениях сайтов «NewsRu.com», «Interfax» и «РИА Новости» и оцениваются следующие параметры:

- точность;
- полнота;
- F-мера (гармоническое среднее точности и полноты).

Для проверки устойчивости алгоритма обучение дополнительно проводилось на выборке «РИА Новости», а результаты оценивались по всем остальным выборкам.

Проводилось три серии экспериментов. Первая серия была ориентирована на то, чтобы определить влияние дополненной модели признаков на точность выделения составных элементов страницы. Полученный классификатор использовался только для выделения целевых элементов, но не для удаления лишних (одностадийный вариант работы). Вторая серия была направлена на определение эффекта от использования двустадийной схемы выделения составных элементов. И, наконец, третья серия оценивала эффективность предложенного алгоритма выделения

основных элементов новостного сообщения для задачи кластеризации новостных потоков. В разработанном автором алгоритме кластеризации новостных потоков [1,2] предполагается, что новостные источники предоставляют поток сообщений в пригодном для обработки формате.

Кроме того, проводилась оценка вклада каждой группы признаков:

1. Текстовые признаки;
2. Признаки положения DOM-узла;
3. Признаки DOM-узла;
4. Предложенное расширение модели.

Результаты первой серии экспериментов представлены в таблице 1 (жирным обозначены максимальные значения). Как видно результатов, предложенное расширение модели признаков положительно влияет на качество извлечения информации. При этом эффективность предложенной модели признаков не зависела от обучающей коллекции и улучшала качество извлечения в обоих случаях. F-мера для предложенной модели признаков значительно выше значения для базовой модели (группа признаков, обозначенная как «1+2+3»).

Таблица 1. Результаты экспериментов по оценке влияния модели признаков на качество извлечения информации

Группы признаков	Обучающая Коллекция	Точность	Полнота	F-мера
1	Лента.ру	0.881	0.892	0.885
1 + 2	Лента.ру	0.893	0.891	0.89
1 + 2 + 3	Лента.ру	0.912	0.923	0.915
1 + 2 + 3 + 4	Лента.ру	0.937	0.920	0.926
1	РИА Новости	0.898	0.901	0.895
1 + 2	РИА Новости	0.895	0.903	0.895
1 + 2 + 3	РИА Новости	0.914	0.921	0.915
1 + 2 + 3 + 4	РИА Новости	0.921	0.942	0.932

Результаты второй серии экспериментов представлены в таблице 2. При проведении этой серии экспериментов использовалась разработанная модель признаков. Как и в первой серии, оценивалось влияние двустадийной схемы при разных обучающих коллекциях. Из результатов экспериментов видно, что двустадийная схема фильтрации дополнительно улучшает качество извлечения и также не зависит от обучающей коллекции. Улучшение результата достигается за счет тонкой фильтрации.

Таблица 2. Результаты экспериментов по оценке влияния двустадийной схемы на качество извлечения информации

Тип схемы	Обучающая коллекция	Точность	Полнота	F-мера
Однустадийная	Лента.ру	0.937	0.920	0.926
Двустадийная	Лента.ру	0.950	0.921	0.936

Одностадийная	РИА Новости	0.921	0.942	0.932
Двухстадийная	РИА Новости	0.927	0.943	0.935

Сводный график результатов экспериментов представлен на рис. 1. Разработанная модель и алгоритм позволяют значительно улучшить качество выделения информации из веб-страниц.

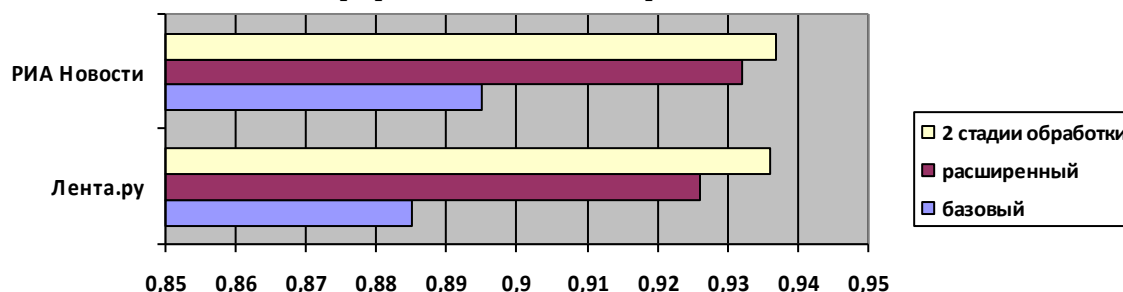


Рис 4. Сводная диаграмма результатов экспериментов по коллекциям данных (F-мера)

Третья серия экспериментов была проведена для оценки влияния разработанного алгоритма извлечения структурных элементов на задачу кластеризации новостных потоков. В этой серии экспериментов для корректности сравнения результатов с работой [1] использовалась коллекция «РИА Новости», поскольку в [1] для оценки качества кластеризации использовался материал сайта «Лента.ру». Результаты этой серии представлены в таблице 3. Предложенный алгоритм показал результаты, сравнимые с составлением правил для извлечения информации вручную. Разница результатов по F-мере составляет 0.006, что является достаточно малой величиной, которой на практике при массовом добавлении новостных источников можно пренебречь.

Таблица 3. Результаты применения разработанного алгоритма для задачи кластеризации новостных потоков

Тип метода	Точность	Полнота	F-мера
Ручной метод извлечения новостного сообщения	0,912	0,891	0.901
Автоматический метод извлечения новостного сообщения	0.904	0.890	0.895

Выводы

В статье представлен эффективный алгоритм извлечения структурной информации из веб-страниц. Он позволяет извлекать не только основную содержательную часть документа, но и его отдельные структурные элементы.

Алгоритм позволяет извлекать как текстовую информацию — заголовок и основное тело новостного сообщения, так и дату публикации.

При проведении экспериментов проверялась переносимость результирующей процедуры извлечения, обученной на одном источнике на другие. Алгоритм продемонстрировал хорошую адаптивность в рамках

сходного характера материала для извлечения информации.

Была произведена экспериментальная оценка разработанного алгоритма. Было оценено влияние расширенной модели признаков и двустадийной схемы для извлечения структурных элементов. Предложенный алгоритм показал существенное улучшение качества извлечения.

Кроме того, было произведено экспериментальное сравнение ручного и автоматического подходов извлечения структурных элементов для задачи кластеризации новостного потока. Разработанный алгоритм показал результаты, сравнимые с ручным методом.

Разработанный алгоритм может использоваться для подключения источников новостных сообщений к системам анализа новостных сообщений.

Литература

1. Казенников А.О. Анализ новостных потоков на основе информационного поиска и компьютерной лингвистики. Информатизация образования и науки № 4(16) 2012, стр.155-164
2. 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, стр. 90-97
3. Sun F., Song D., Liao L. DOM Based Content Extraction via Text Density. In proc. Of SIGIR'2011, Beijing, China, 2011
4. Kohlschutter C., Fankhauser P., Nejdl W. Boilerplate detection using shallow text features. In Proc. Of WSDM'10 pp 441-450, 2010
5. Cai D., Yu S., Wen J., Ma W. Extracting content structure for web pages based on visual representation. In Proceedings of APWeb'03 pp 406-417, 2003
6. Gotttron D. Content code blurring: A new approach to content extraction. In Proc of DEXA'08, pp 29-33, 2008
7. Vieira K., da Silva A., Pinto N. et al. A Fast and Robust Method for Web Page Template Detection and Removal. In Proc. Of CIKM'06, 2006
8. Chen L., Ye S., Li. X. Template Detection for lage scale search engines. In Proc. Of SAC'06, pp 1094-1098, NY USA, 2006
9. Lin S., Ho J. Discovering informative content blocks from web documents. In Proc. Of SIGKDD'02, pp 588-593, NY USA, 2002
10. Weninger T., Hsu W.H., Ma W. Learning block importance models form web pages. In Proc. Of WWW'04, pp 971-980, NY USA, 2004.
11. Bar-Yossef Z., Rajagopalan S. Template Detection via data mining and its applications. In proc. Of WWW'2002, pp 580-591, 2002
12. Wu X., Kumar V., Quinlan J. Top 10 algorithms in data mining. Knowledge Information Systems Vol. 14, pp 1-37, 2008.

Намиот Д.Е.¹, Колосова А.И.²

¹ МГУ им. М.В.Ломоносова, факультет ВМК, старший научный сотрудник,
dnamiot@gmail.com

² МГУ им. М.В.Ломоносова, выпускница факультета ВМК, web_5tka_cs@mail.ru

Определение владельца мобильного телефона

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Мобильный телефон, владение мобильным телефоном, идентификация, модель цифровых сертификатов.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматривается задача подтверждения факта владения мобильным телефоном. В работе рассматривается модель цифровых сертификатов для мобильных устройств. В этой модели каждый мобильный пользователь может создать уникальную цифровую метку для своего телефона и подписать ее с помощью ссылки на свой профиль в социальной сети. После этого появляется возможность искать данные по накопленной базе цифровых сертификатов. Поиск может осуществляться как по идентификации мобильного телефона, так и по атрибутам профиля социальной сети или сетей.

Введение

В работе рассматривается модель цифровых сертификатов для мобильных устройств, впервые описанная авторами в работе [1].

Проблема хищений мобильных телефонов остро стоит во всем мире. Как правило, у каждого владельца мобильного телефона хранится достаточное количество важной информации, которую может быть тяжело и которая не предназначена для сторонних пользователей. Как-то – список контактов, фотографии и др., в зависимости от сложности устройства. Поэтому нахождение утерянных аппаратов, равно как и противодействие их использованию, является важной задачей.

В данной работе рассматриваются мобильные устройства с операционной системой Android – смартфоны и др. Это, в большей степени, практический выбор, обусловленный удобством программирования. Рассматриваемая модель может быть применена и к другим мобильным операционным системам.

У всех мобильных аппаратов имеются различные идентификационные номера. Именно эти уникальные идентификаторы и могут быть использованы для нахождения утерянных телефонов, мониторинга установок некоего приложения, генерации технических средств защиты авторских прав (DRM – digital rights management). Например, мобильные операторы, при наличии определенного

оборудования могут полностью или частично прекратить обслуживать украденный телефон, перенаправлять SMS-сообщения с него на другой телефон. Или отследить его место нахождения по GPS [2]. В России подобная практика не так распространена, как в некоторых других странах, однако и у нас есть случаи нахождения украденных телефонов по IMEI номеру.

Предлагаемая модель рассматривает два основных аспекта:

- разработка методики идентификации мобильных аппаратов;
- разработка системы регистрации идентификационных номеров, а также принципов работы с регистрационной базой.

Методы идентификации мобильных телефонов

A. IMEI

IMEI (International Mobile Equipment Identity) - число (обычно 15-разрядное в десятичном представлении), уникальное для каждого использующего его аппарата. Применяется в сотовых телефонах сетей GSM, WCDMA и IDEN а также в некоторых спутниковых телефонах [3].

IMEI присваивается телефону во время изготовления на заводе. Он служит для идентификации устройства в сети и хранится в прошивке аппарата. Как правило, IMEI указывается в четырёх местах: в самом аппарате (в большинстве случаев его можно вывести на экран набором *#06# на клавиатуре), под аккумуляторной батареей, на упаковке и в гарантийном талоне. IMEI играет роль серийного номера аппарата и передаётся в эфир при авторизации в сети. Также IMEI используется для слежения за аппаратами и блокирования краденых телефонов на уровне оператора сотовой связи, что не позволяет в дальнейшем использовать такой аппарат в сети этого оператора, однако не мешает его использованию в других сетях.

В отличие от ESN и MEID, используемых в CDMA и прочих сетях, IMEI используется только для идентификации устройства и не имеет постоянного отношения к абоненту. Вместо него используется номер IMSI, хранящийся на SIM-карте, которую можно вставить в практически любой другой аппарат. Однако существуют специальные системы, позволяющие одному телефону использовать только одну определённую SIM-карту.

Модель и происхождение телефона описываются первыми 8 цифрами IMEI (так называемый TAC). Оставшаяся часть — серийный номер с контрольным числом в конце. Телефонам, поддерживающим одновременную работу с двумя SIM-картами, присваивается два номера IMEI [4].

Производители постоянно совершенствуют методы защиты программного обеспечения аппарата от изменения IMEI. В современных аппаратах IMEI хранится в однократно программируемой зоне памяти и не может быть изменен программными средствами [5].

В некоторых странах, например в Латвии, Великобритании, Республике Беларусь изменение IMEI является уголовно наказуемым

деянием. Имеется также прецедент попытки уголовного преследования за изменение IMEI в России [6].

B. MEID

MEID (Mobile Equipment Identifier) – глобальный уникальный идентификатор подвижного оборудования, работающий в сетях CDMA, использует тот же базовый формат, что и IMEI [7].

C. IMSI

MSI (International Mobile Subscriber Identity) - международный идентификатор мобильного абонента (индивидуальный номер абонента), ассоциированный с каждым пользователем мобильной связи стандарта GSM, UMTS или CDMA. При регистрации в сети аппарат абонента передаёт IMSI, по которому происходит его идентификация. Во избежание перехвата, этот номер посылается через сеть настолько редко, насколько это возможно — в тех случаях, когда это возможно, вместо него посылается случайно сгенерированный TMSI [8].

В системе GSM идентификатор содержится на SIM-карте в элементарном файле (EF), имеющем идентификатор 6F07. Формат хранения IMSI на SIM-карте описан ETSI в спецификации GSM 11.11. Кроме того, IMSI используется любой мобильной сетью, соединенной с другими сетями (в частности с CDMA или EVDO) таким же образом, как и в GSM сетях. Этот номер связан либо непосредственно с телефоном, либо с R-UIM картой (аналогом SIM карты GSM в системе CDMA) [9].

Длина IMSI, как правило, составляет 15 цифр, но может быть короче. Например: 250-07-XXXXXXXXXX. Первые три цифры это MCC (Mobile Country Code, мобильный код страны). В примере 250 - Россия. За ним следует MNC (Mobile Network Code, код мобильной сети). 07 из примера - SMARTC. Код мобильной сети может содержать две цифры по европейскому стандарту или три по североамериканскому. Все последующие цифры — непосредственно идентификатор пользователя MSIN (Mobile Subscriber Identification Number) [10].

D. Serial number

Серийный номер можно определить у устройств, не обладающих сервисом телефонии начиная с операционной системы Android 2.3 (“Gingerbread”) и у некоторых телефонов [11].

E. Android Id

Это 64 битный номер, который случайным образом генерируется при первом запуске устройства и остается неизменным далее. У устройств с операционной системой более ранних версий чем 2.2 (“Froyo”) он может не определяться [11].

F. Mac-Address

MAC-адрес (от англ. Media Access Control — управление доступом к среде, также Hardware Address) — это уникальный идентификатор, присваиваемый каждой единице оборудования компьютерных сетей. Большинство сетевых протоколов канального уровня используют одно из

трёх пространств MAC-адресов, управляемых IEEE: MAC-48, EUI-48 и EUI-64. Адреса в каждом из пространств теоретически должны быть глобально уникальными. Не все протоколы используют MAC-адреса, и не все протоколы, использующие MAC-адреса, нуждаются в подобной уникальности этих адресов [12].

В широковещательных сетях (таких, как сети на основе Ethernet) MAC-адрес позволяет уникально идентифицировать каждый узел сети и доставлять данные только этому узлу. Таким образом, MAC-адреса формируют основу сетей на канальном уровне, которую используют протоколы более высокого (сетевого) уровня. Для преобразования MAC-адресов в адреса сетевого уровня и обратно применяются специальные протоколы (например, ARP и RARP в сетях IPv4 и NDP в сетях на основе IPv6) [12].

Адреса вроде MAC-48 наиболее распространены; они используются в таких технологиях, как Ethernet, Token ring, FDDI, WiMAX и др. Они состоят из 48 бит, таким образом, адресное пространство MAC-48 насчитывает 248 (или 281 474 976 710 656) адресов. Согласно подсчётам IEEE, этого запаса адресов хватит по меньшей мере до 2100 года [12].

EUI-48 от MAC-48 отличается лишь семантически: в то время как MAC-48 используется для сетевого оборудования, EUI-48 применяется для других типов аппаратного и программного обеспечения.

Идентификаторы EUI-64 состоят из 64 бит и используются в FireWire, а также в IPv6 в качестве младших 64 бит сетевого адреса узла.

Можно также получить MAC-адрес Wi-Fi или Bluetooth оборудования устройства, однако не рекомендуется использовать его в качестве уникального идентификационного номера, так как не все мобильные устройства имеют Wi-Fi. Если Wi-Fi модуль есть, он должен быть обязательно включен, иначе MAC-адрес не определится. Кроме того, MAC-адрес устройства можно изменить программным путем [12].

Модель цифровых сертификатов

Идея цифровых сертификатов состоит в создании открытой базы данных, где каждый владелец мобильного телефона мог бы сохранить идентифицирующие признаки своего аппарата, заверив (подписав) их ссылкой на собственный профиль в социальной сети. Идея использования ссылки на профайл состоит в том, что в этом случае база данных избегает проблем, связанных с хранением персональной информации. В таком случае ее просто нет. Вся персональная информация остается в социальной сети. В базе данных сертификатов хранится только открытая ссылка на соответствующий профиль.

Соответственно этому, реализация такой модели должна включать в себя мобильное приложение для создания сертификата, базу данных для хранения сертификатов и интерфейс к базе данных для поиска. Важный момент, что такой интерфейс должен включать в себя и программный API.

Владелец телефонного аппарата может бесплатно, по собственной

инициативе, добавить сертификат для своего телефона в общую базу. База сертификатов публично доступна. Следовательно, сильно упрощается процесс проверки владельца телефона. А это, в свою очередь, сможет остановить какой-то значимый процент мобильных абонентов от пользования телефоном, который попал к ним не совсем законным способом. Кроме того, такая база может оказаться подспорьем для официального следствия.

Таким образом, общая идея данной модели состоит не в отслеживании потерянного (похищенного) телефона, а во введении возможности проверки владельца телефона в момент использования телефона. При этом, в первую очередь, имеется в виду использование смартфонов в сети Интернет. Самая простая модель использования: приложение во время авторизации пользователя в социальной сети может проверить, кому принадлежит данный телефон.

Естественно, что ничто не препятствует и операторам связи использовать ту же самую открытую базу данных для проверки владельцев в момент совершения звонков и отправки SMS.

В данной работе качестве уникального идентификатора используются IMEI номер и Android ID. Это позволяет увеличить надежность идентификация Android устройства. На практике, не у всех устройств определяются оба эти номера, но хотя бы один из них определяется практически всегда. Мобильные операторы для взаимодействия с телефоном используют IMEI номер.

Мобильное приложение разработано на Java, в среде Eclipse. Так как именно для этой среды существует официальный плагин Android Developer Tools (ADT), который предоставляет профессиональную среду разработки Android-приложений. Для определения IMEI номера и Android ID воспользовались классами TelephonyManager и Settings. Для определения ссылки на страницу пользователя в Facebook воспользовались некоторыми функциями Facebook SDK. В результате, при нажатии на кнопку регистрации, пользователь перенаправляется в окно авторизации в Facebook. Иными словами, используется стандартная схема авторизации с помощью Facebook в сторонних приложениях.

Взаимодействие с удаленной базой данных осуществлено на PHP с использованием JSON. В качестве удаленной базы данных используется MySQL. Основная таблица содержит 4 столбца: ID, IMEI, AndroidID и Link. Взаимодействие с ней сделано таким образом, чтобы было невозможно добавить строку с каким-то определенным IMEI-номером или Android ID более одного раза.

Для того, чтобы информировать пользователя об успешной отправке запроса с телефона в базу данных, и успешной авторизации в Facebook, добавлено соответствующее всплывающее сообщение (Toast) и функция добавления фото из профайла пользователя с его личной страницы. На рисунке 1 представлен общий вид после авторизации, получившегося в

итоге приложения на Android-эмуляторе. А на рисунке 2 – вид окна авторизации в Facebook.

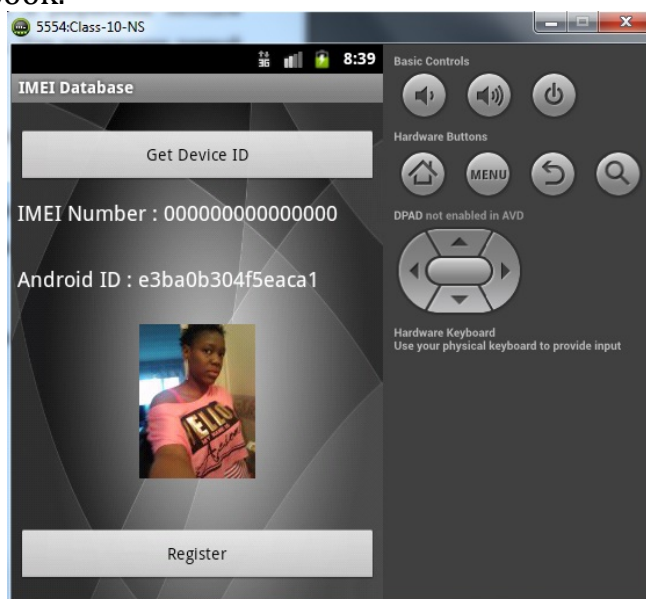


Рисунок 1. Авторизация

Для того чтобы просматривать удаленную базу данных приложения авторами был сделан сайт <http://fr30706.tw1.ru/>.

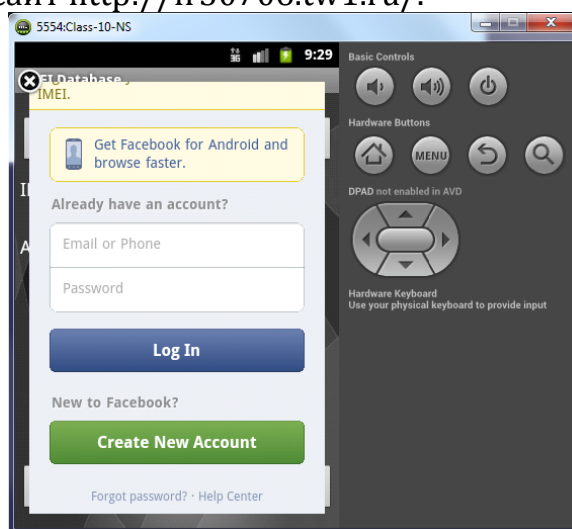


Рисунок 2. Авторизация в Facebook

Искать записи в базе данных можно по любому из трех полей: по IMEI номеру, по Android ID, или же по ссылке на личную страницу в Facebook.

Дальнейшие разработки

Можно указать следующие направления развития проекта. Во-первых, можно предложить пользователям физическое изготовление сертификатов. Это может быть реализовано в виде печати наклейки с QR-кодом, которая содержит URL для страницы с результатами поиска данного сертификата в базе данных. Получается некоторая аналогия контекстно-зависимого QR-кода [13].

Другим возможным направлением работы является развитие

программного API к базе данных. В этом случае, искать подтверждения владения можно будет программно. Например, приложения типа Geo Messages [14] или WATN [15] смогут также проверять законность владения телефоном отправителя сообщений. Развитие проекта входит в число приоритетных работ лаборатории ОИТ [16].

Заключение

В работе рассмотрена модель цифровых сертификатов для владельцев мобильных устройств и ее практическая реализация. С помощью этой системы пользователь может создать сертификат для своего мобильного телефона, подписать его ссылкой на свой профиль в социальной сети и сохранить в базе данных.

Если телефон потерян или украден, то в этой базе можно найти контакты владельца. А если он честно подарен, продан и так далее – то можно посмотреть историю владения.

Литература

1. Колосова А., Намиот Д. Цифровые сертификаты для владельцев мобильных телефонов //International Journal of Open Information Technologies. – 2013. – Т. 1. – №. 4. – С. 7-11.
2. Sonia C. V., Aswatha A. R. SAPt: A Stolen Android Phone Tracking Application.
3. Gosden, P., Allen, A., McDonald, D., & Montemurro, M. (2013). A Uniform Resource Name Namespace for the GSM Association (GSMA) and the International Mobile station Equipment Identity (IMEI).
4. GSM Association Non Confidential Official Document IMEI Allocation and Approval Guidelines Version 6.0 (27th July 2011) (<http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2012/03/ts0660tacallocationprocessapproved.pdf>).
5. В. Шалькевич, А. Макаревич «Противодействие теневому обороту мобильных телефонов уголовно правовыми мерами», Журнал «Законность и правопорядок», No 3(7)/2008, стр. 36-40.
6. <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2002/31/section/1>.
7. Atarius R. A Uniform Resource Name Namespace for the Device Identity and the Mobile Equipment Identity (MEID). – 2013.
8. Matsumoto, S., & Sakurai, K. (2013, January). A proposal for the privacy leakage verification tool for Android application developers. In Proceedings of the 7th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (p. 54). ACM.
9. Fred Gaechter "Chairman of IMSI Oversight Committee" (IOC)(GSMNA Doc 036/02) (http://www.ifast.org/files/IFAST22_015_GSMNALetter.pdf).
10. Abdalla, I., & Venkatesan, S. (2013, April). Scalable addressing of M2M terminals in 4G cellular wireless networks. In Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2013 (pp. 1-6). IEEE.
11. <http://developer.samsung.com/android/technical-docs/How-to-retrieve-the-Device-Unique-ID-from-android-device>.
12. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture (IEEE Std 802®-2001 (R2007)(Revision of IEEE Std 802-1990).
13. Namiot, D., Sneps-Sneppe, M., & Skokov, O. (2013). Context-aware QR-codes. arXiv preprint arXiv:1307.7597.
14. Namiot, D. "Geo messages", In Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT), 2010 International Congress on (pp. 14-19). IEEE. DOI: 10.1109/ICUMT.2010.5676665
15. Namiot, Dmitry, and Manfred Sneps-Sneppe. "Where Are They Now-Safe Location Sharing." Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networking. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 63-74. DOI: 10.1007/978-3-642-32686-8_6
16. Намиот, Д., & Сухомлин, В. (2013). О проектах лаборатории ОИТ. International Journal of Open Information Technologies, 1(5), 18-21.

Перцев П.Ю.¹, Зубарева Е.В.²

¹ФГБОУ ВПО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», магистрант

²МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет вычислительной математики и кибернетики
старший научный сотрудник, к.п.н., andropovamsu@gmail.com

Профилирование и оптимизация кода приложения для построения поверхности функции двух переменных на языке Python

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Python, код приложения, профилирование кода, оптимизация кода.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматриваются возможности профилирования и оптимизации программного кода на примере приложения для построения графика поверхности аналитической функции двух переменных, разработанного на языке Python с использованием библиотеки трехмерной графики OpenGL. Приведены данные зависимости времени работы алгоритма от шага построения и от области построения, полученные опытным путем.

Современные условия разработки и внедрения информационных технологий на предприятиях и в организациях требуют от специалистов по компьютерной технике и программированию готовности и способности к работе с компьютерной графикой, к созданию трехмерных моделей, к обработке визуальной информации, полученной из реального мира. Области интересов ученых и ИТ-специалистов по применению компьютерной графики очень широки: это и геометрическое моделирование, и научная визуализация, и компьютерная графика для мобильных устройств, и модели представления изображений, и сегментация и кластеризация и т. д.

В настоящее время рынок программных средств предлагает огромный выбор многофункционального инструментария для создания графических трехмерных объектов. Однако, при выборе подходящего инструмента для разработки приложений надо не исключать необходимость проведения профилирования и оптимизации кода приложения, поскольку инструментальные средства анализа программы чрезвычайно важны для того, чтобы понять поведение программы, проанализировать программу и идентифицировать критические участки программы.

Цель статьи – изучить возможности профилирования и оптимизации кода (ручного и автоматического) на примере приложения для построения графика поверхности аналитической функции двух переменных, разработанного на языке Python с использованием библиотеки трехмерной

графики OpenGL.

Разработанное приложение обладает следующими возможностями: выбор инструментов задания аналитической функции и области ее определения; изменение шага построения; построение поверхности в виде каркасной или закрашенной поверхности с расчетом теней; автоматическое масштабирование координатных осей и единичной сетки, задающей плоскость OXY; проверка корректности значений шага и области построения; вывод справки по работе с программой; произвольное вращение поверхности и ее масштабирование; отображение в ортогональной и перспективной проекции; выбор средств, производящих измерение скорости отображения поверхности; изменение размеров окна программы с автоматическим масштабированием зоны вывода.

Работа по разработке приложения включала в себя ряд этапов. На первом из них был разработан графический интерфейс приложения средствами wxPython (рис. 1).

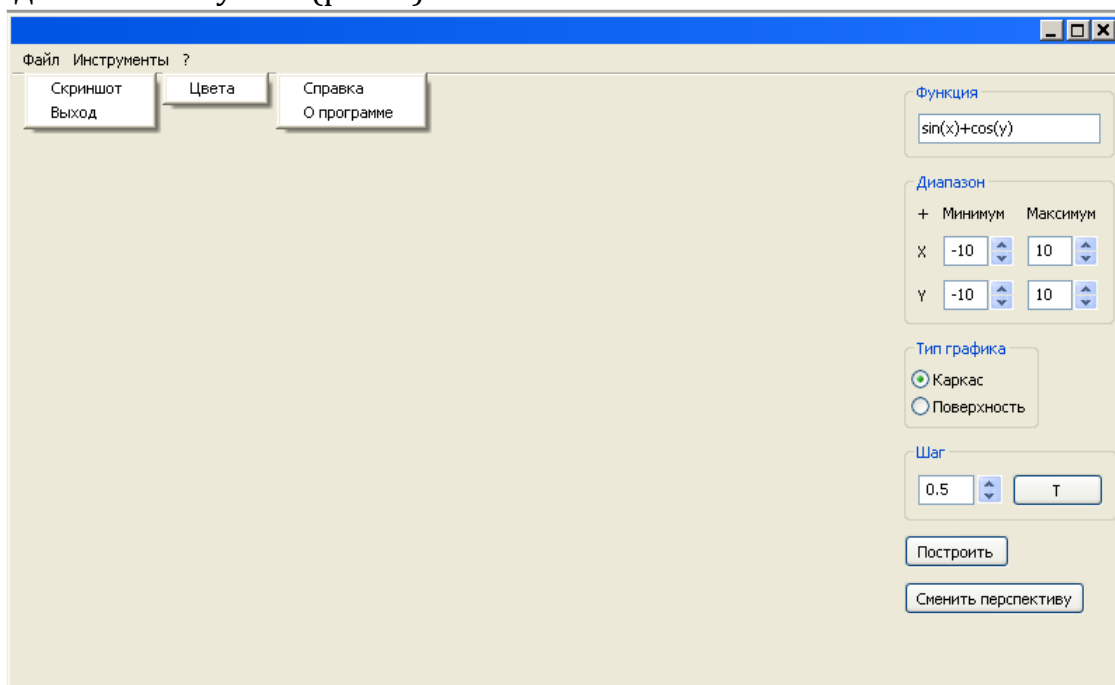


Рис. 1. Графический интерфейс приложения

На следующем этапе были реализованы алгоритмы построения каркасной и закрашенной поверхностей ортогографической (рис.2) и перспективной (рис.3) проекций с использованием встроенных библиотек и модулей wx, OpenGL.GL, OpenGL.GLU, math, time языка Python.

На третьем этапе для верного расчета освещения в OpenGL были переданы единичные векторы, нормализация векторов нормалей производилась в отдельной функции только в тех местах, где это необходимо. Данная функция получает список из трех элементов (трехмерный вектор), вычисляет его норму по Евклидовой метрике, делит каждую компоненту вектора на его норму и возвращает один список из

трех элементов (нормированный вектор) (рис.4).

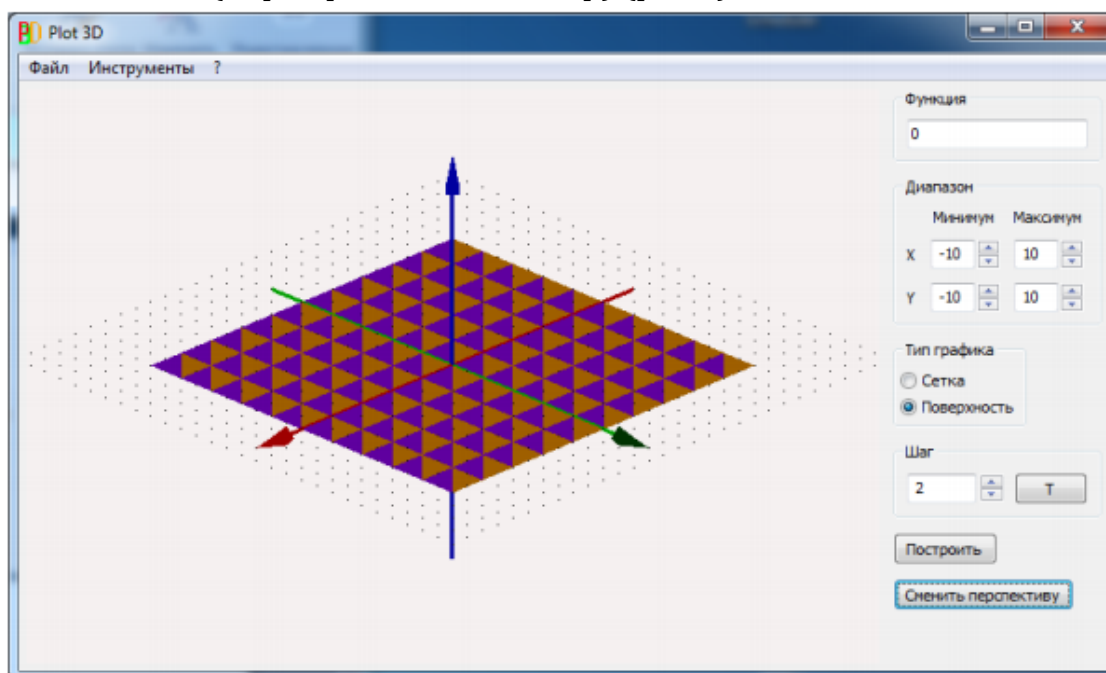


Рис. 2. Ортогографическая проекция для построения поверхности

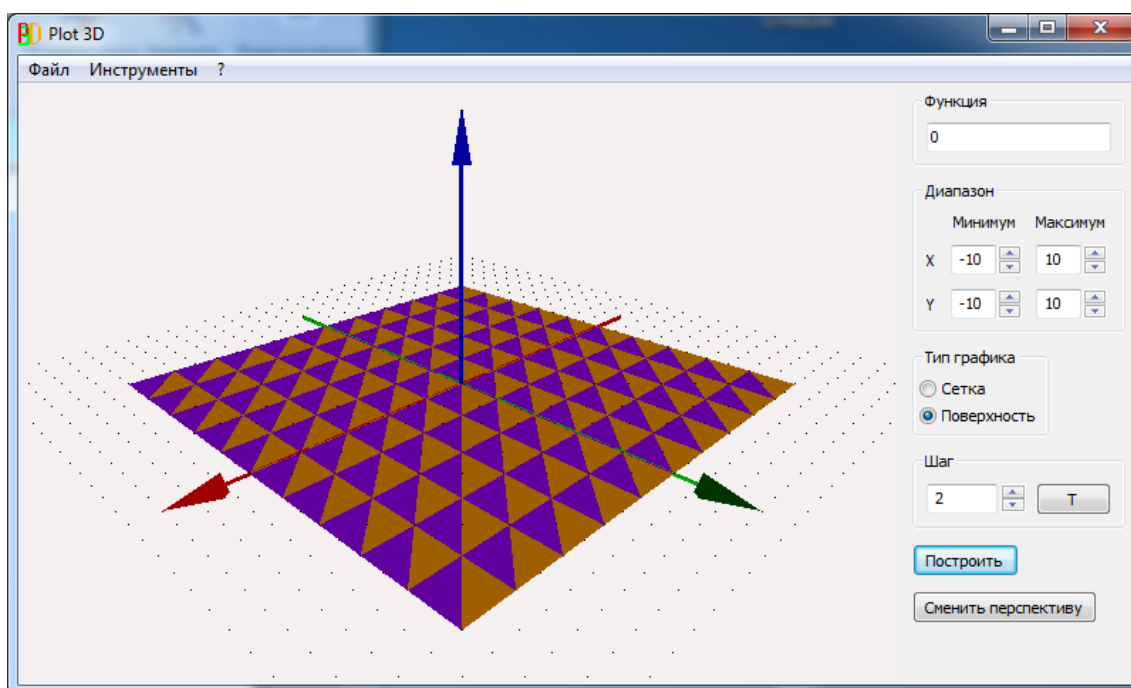


Рис. 3. Перспективная проекция для построения поверхности

На заключительном этапе работы решалась задача повышения эффективности кода, его профилирование и оптимизация.

Профилирование – это сбор характеристик работы программы, таких как время выполнения отдельных фрагментов, число верно предсказанных условных переходов, число кэш-промахов и так далее. Профилирование может производиться вручную или с помощью специализированных

инструментов для замера времени выполнения различных участков кода – профайлеров. Как отмечено в [1], для ручного замера производительности может быть использована функция *clock()* модуля *time*. Данный метод реализован в разработанном приложении. Кроме того в стандартной комплектации Python доступны и специализированные инструменты профилирования – это модули *profile* (или *cProfile*), *timeit* и *hotspot* [4].

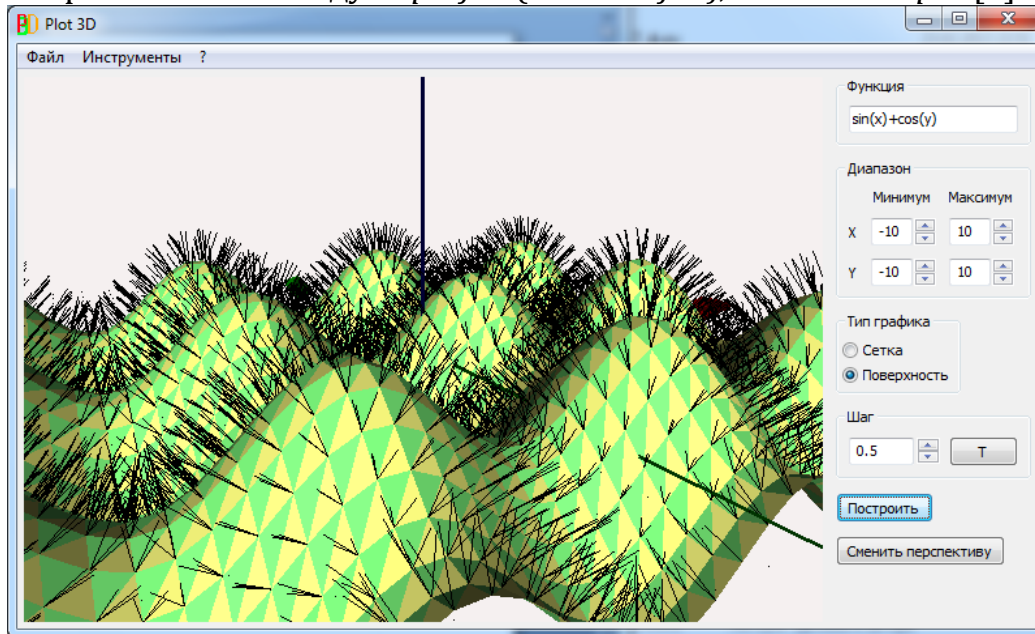


Рис. 4. Пример ассоциации вектора нормали с вершинами

В простейшем случае необходимо импортировать модуль *profile* и вызвать *profile.run()*, передав в качестве параметра функцию, которую необходимо проверить на быстроедействие:

```
import profile
profile.run('main_function()')
```

Модуль *timeit* нужен для удобного замера времени работы одиночных выражений. Он удобен для организации различных экспериментов с замером производительности. Так, для замера времени 200 вызовов функции *main_function()* программный код выглядит следующим образом:

```
from timeit import Timer
t1=Timer("main_function()", "from __main__ import main_function")
print t1.timeit(200)
```

Также следует учитывать, что программа, реализующая некоторый алгоритм, не может быть оптимизирована до бесконечно малого времени вычисления: используемый алгоритм имеет определенную временную сложность и программу, основанную на слишком сложном алгоритме, существенно оптимизировать не удастся [3].

Для оценки времени работы алгоритмов построения поверхности в программу был импортирован модуль *time* стандартной библиотеки, предоставляющий различные функции для работы со временем. Импортированная функция *clock()* возвращает текущее процессорное время

в секундах в виде вещественного числа. Точность возвращаемого времени зависит от точности одноименной функции библиотеки языка C в реализациях для различных платформ. Функция *clock()* может быть использована, в том числе, и для замера производительности [2].

Для измерения скорости работы рассмотренных алгоритмов была написана функция *timeDraw()*:

```
def timeDraw(self, event):
    repeat=100
    start = clock()
    for i in range(repeat):
        self.defFunction(event)
    print u"Тип графика: %s" % GraphType
    print u"Шаг: %2.2f" % step
    print u"Время выполнения, мс.: %f\n"
        % ((clock() - start)/repeat*(10**3))
    print u"Область построения:"
    print u"X: [%2.1f; %2.1f]" % (minX, maxX)
    print u"Y: [%2.1f; %2.1f]" % (minY, maxY)
```

Для повышения точности расчетов функция построения поверхности *defFunction()* вызывалась значительное количество раз, указанное в переменной *repeat*. После выполнения цикла вычислялось отношение затраченного времени и количества повторов.

Зависимость времени работы алгоритма от шага при фиксированной области построения $X \in [-10,0;10,0]$, $Y \in [-10,0;10,0]$ указана в таблице 1.

Диаграмма, иллюстрирующая данные зависимости, изображена на рис.5.

Таблица 1. Зависимость времени работы алгоритма от шага построения

Шаг построения	Время построения, мс.	
	Каркасная поверхность	Закрашенная поверхность
0,4	84,56	166,02
0,5	58,75	112,98
0,6	42,48	78,40
0,7	32,50	60,40
0,8	31,34	53,90
0,9	29,70	47,18
1,0	25,99	38,81
1,1	23,47	33,88
1,2	19,51	24,88
1,3	18,95	23,00
1,4	17,70	21,38

1,5	16,55	20,17
1,6	15,39	18,80
1,7	14,92	18,45
1,8	14,73	17,76
1,9	14,74	16,53
2,0	14,41	16,54

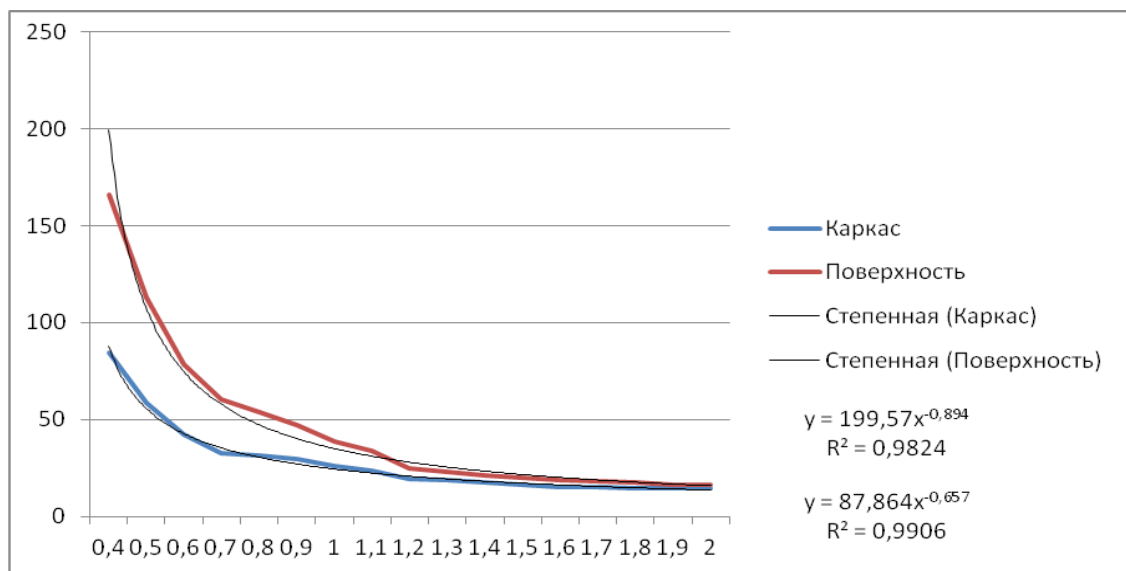


Рис. 5. Зависимость времени работы алгоритма от шага построения

Зависимость времени работы алгоритма от области построения при фиксированном шаге (5 единиц) указана в таблице №2. Диаграмма, иллюстрирующая данные зависимости изображена на рис. 6.

Таблица №2. Зависимость времени работы алгоритма от области построения

Время, мс.		Размер области построения по X									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размер области построения по Y	1	2,14	2,41	2,72	3,02	3,36	3,64	3,95	4,26	4,63	4,81
	2	2,38	3,01	3,58	4,13	4,76	5,38	5,91	6,47	7,17	7,73
	3	2,68	3,60	4,45	5,22	6,21	7,00	7,89	8,73	10,47	10,53
	4	2,98	4,10	5,33	6,48	7,48	8,66	9,86	10,9	12,14	13,39
	5	3,37	4,64	6,12	7,56	8,96	10,36	11,91	13,30	14,70	16,06
	6	3,55	5,32	6,93	8,58	10,41	11,90	13,78	15,37	17,11	18,71
	7	3,85	5,85	7,85	9,80	11,81	13,79	15,71	17,65	19,46	21,62
	8	4,11	6,37	8,73	11,03	13,29	15,51	17,79	19,92	22,32	24,48
	9	4,45	6,97	9,48	12,00	14,64	17,15	19,41	22,06	24,26	26,87
	10	4,73	7,58	10,34	13,13	15,85	18,62	21,60	24,21	27,03	29,79

Из полученных результатов следует, что зависимость времени

выполнения от шага построения – экспоненциальная, а от области построения – линейная, что объясняется аналогичными зависимостями между данными величинами и количеством полигонов.

Таким образом, специализированные инструменты profile (или cProfile), timeit и hotspot языка Python делают профилирование и оптимизацию кода программы простым и, даже, интересным занятием.

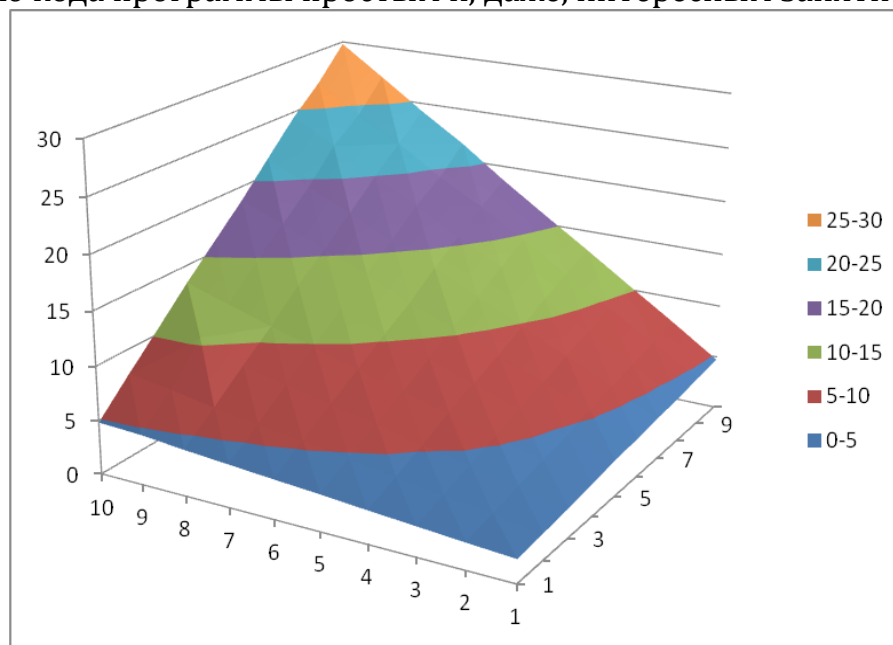


Рис. 6. Зависимость времени работы алгоритма от области построения при фиксированном шаге

Литература

1. Лутц, М. Изучаем Python, 3-е издание [Текст] / М. Лутц. – СПб.: Символ-Плюс, 2009. – 848 с.
2. Россум, Г. Язык программирования Python [Текст] / Г. Россум, Ф.Л.Дж. Дрейк, Д.С. Откидач, М. Задка, М. Левис и др. – 2001. – 454 с.
3. Сузи, Р. А. Язык программирования Python - Курс лекций [Текст] / Р.А. Сузи. — М.: ИНТУИТ, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 206с.
4. Черкес, А. Сказ о летающем змее. Агрессивная оптимизация программ на Python'е [ЭВ] / А. Черкес. – Хакер № 03 (123). – 2009. – URL: <http://www.xakep.ru/magazine/xa/123/102/1.asp> (дата обращения 10.12.12)

Пивнева С. В.¹, Твердохлебов А. Я.²

¹Тольяттинский государственный университет, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Высшая математика и математическое моделирование», tlt.swetlana@rambler.ru

²Тольяттинский государственный университет, аспирант кафедры «Высшая математика и математическое моделирование», sarc@bk.ru

Модель системы сбора и обработки экспериментальных данных для проведения стендовых испытаний двигателя внутреннего сгорания

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Стендовые испытания, двигатель внутреннего сгорания, модель испытаний.

АННОТАЦИЯ:

В работе описана модель системы сбора и обработки экспериментальных данных. Особенностью системы является непрерывная оперативная (on-line) обработка поступающих с датчиков данных, призванная обеспечить контроль аппаратного комплекса, своевременное объявление тревоги при обнаружении неисправности и выдачу физических результатов работы экспериментальной установки. Система сбора данных разработана с использованием программного комплекса Matlab и применением возможностей Data Acquisition Toolbox.

Введение

Широкое применение двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требует непрерывного их совершенствования, улучшения основных технико-экономических и эксплуатационных характеристик. Создание конкурентоспособных ДВС предполагает применение перспективных способов повышения качества, экспериментальную доводку двигателя, сокращение сроков разработки и подготовки его серийного выпуска. Для исследования и доводки параметров рабочего процесса двигателя и систем его управления, необходимы стендовые испытания с обеспечением возможности измерения и оценки параметров работы ДВС.

Прогресс в области электроники, появление многоканальных быстродействующих аналого-цифровых преобразователей значительно расширили возможности современных аппаратных средств. Особенно большой толчок в исследовательских работах дало использование автоматизированных систем на базе персональных компьютеров. Открылись большие возможности в оперативной регистрации и обработке быстроизменяющихся процессов в поршневых ДВС.

Для повышения эффективности стендовых испытаний возникла необходимость оперативной обработки экспериментальных данных с

возможностью гибкого и быстрого изменения алгоритмов оценки параметров работы ДВС. Поэтому поставлена задача разработки системы сбора данных с обозначенными выше характеристиками.

Экспериментальная установка

Испытательный стенд, для которого потребовалось создать систему сбора и обработки данных представляет собой двигатель ВАЗ, оснащённый гидравлическим тормозом Schenk. В четвертый цилиндр двигателя, как наиболее термически нагруженный установлен пьезоэлектрический датчик давления, совмещенный со свечей зажигания Kistler 6117BFD17. Также на катушку зажигания четвертого цилиндра установлен электромагнитный отметчик искрового разряда. На блок цилиндра установлен датчик детонации. Кроме того, двигатель оснащён датчиком положения коленчатого вала, датчиком массового расхода воздуха и датчиком ионизации пламени в камере сгорания.

Для удовлетворения требованиям быстрого и гибкого изменения алгоритмов оценки параметров ДВС, в качестве среды разработки системы сбора данных, был выбран пакет прикладных программ Matlab. Matlab предоставляет пользователю большое количество функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.
- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.
- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета Matlab, использующийся в специализированных приложениях.
- Целочисленная арифметика — выполнение операций целочисленной арифметики в среде Matlab.

Для сбора и анализа экспериментальных данных в среде Matlab, компанией Mathworks представлен набор инструментов Data Acquisition Toolbox [1]. Toolbox поддерживает обширный спектр цифро-аналоговых и аналого-цифровых устройств и позволяет производить измерения

непосредственно из среды Matlab, без использования промежуточной обработки и преобразований в формат, поддерживаемый Matlab.

Сигналы с датчиков преобразуются в цифровой формат многоканальным аналого-цифровым преобразователем Advantech PCI-1712L [2], обладающим следующими характеристиками:

- АЦП 12 бит, 1 МГц;
- 8 дифференциальных или 16 потенциальных аналоговых входов;
- Поканально программируемое усиление (0,5; 1; 2; 4; 8);
- Автоматическое сканирование каналов;
- Буфер FIFO на 1К отсчётов;
- 16 цифровых входов-выходов (TTL);
- 3 программируемых счётчика-таймера;
- Автокалибровка.

Программное обеспечение

Программное обеспечение написано на языке MATLAB. Оно реализует следующие функции:

- создание и взаимодействие с графическим интерфейсом пользователя;
- задание необходимой для сбора данных конфигурации платы Advantech PCI-1712L;
- приём и оперативная (on-line) обработка информации, поступающей с датчиков;
- сохранение сигналов датчиков на жёсткий диск для обеспечения возможности дополнительного off-line анализа.

Применение системы

Разработанная система использована для отработки методики детектирования детонационного сгорания и оценки уровня детонации в ДВС с помощью датчика давления Kistler 6117BFD17. Отработка методики проводилась путём сравнения сигналов датчика давления и показаний детонметра установки:

1. Производилась выборка участков записи, соответствующих сгоранию с помощью опорного сигнала искрового разряда;
2. Зарегистрированный сигнал датчика давления оценивался визуально на предмет наличия осцилляций (колебаний) (осцилляции давления позволяют судить о распространении в камере сгорания ударных волн с высокой скоростью, что представляет собой детонационное сгорание), на рис. 1 представлены сигналы с наличием осцилляций и без них;
3. Сигнал давления обрабатывался с помощью сплайн-интерполяции, в результате получался сигнал давления без осцилляций и шума, характеризующий динамику выгорания смеси в камере сгорания (на рис. 2 представлены зарегистрированный сигнал с осцилляциями и линия давления, полученная сплайн-интерполяцией);

4. Из зарегистрированного сигнала датчика давления вычитался полученный ранее сплайн и, в результате, выделялась только высокочастотная часть сигнала давления, характеризующая наличие детонационного сгорания (рис. 3);
5. Полученная высокочастотная часть сигнала давления оценивалась по максимальному значению амплитуд зарегистрированных осцилляций;
6. Данный алгоритм обработки повторялся для каждого цикла сгорания в данной выборке;
7. Оценивалось статистическое распределение записанных значений амплитуд осцилляций и принималось решение о методе нахождения математического ожидания амплитуды, осцилляций для данного режима.

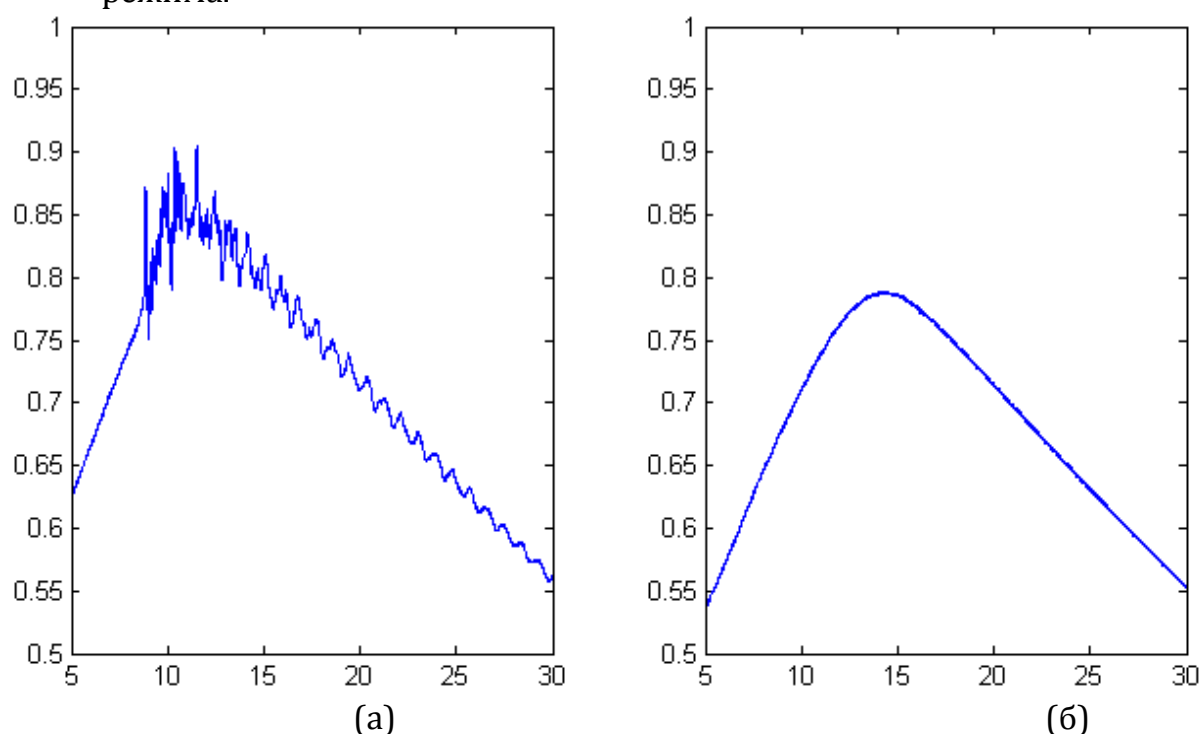


Рис. 1. Сигнал датчика давления с осцилляциями, характерными для детонационного сгорания (а) и без осцилляций, характерный для нормального сгорания (б)

Кроме того, регистрировались показания детонометра, штатно установленного на ДВС. Взаимосвязь оценок интенсивности детонации в камере сгорания, полученных с помощью трех различных способов, представлена на рис. 4 в виде зависимости амплитуды осцилляций на датчиках давления и детонации от интенсивности детонации, определенной по штатному детонометру.

Анализ рис. 4 показывает, что имеет место нелинейное резкое возрастание амплитуды сигналов датчика давления и датчика детонации при показаниях детонометра более 55, что по методике определения детонационной стойкости топлив соответствует детонационному сгоранию. При переходе к детонационному сгоранию, детектированному с

помощью штатной системы обнаружения детонации экспериментальной установки, наблюдается резкое изменение характера сигналов на датчике давления Kistler 6117BFD17, что кроме того, соответствует резкому увеличению амплитуды сигнала на датчике детонации.

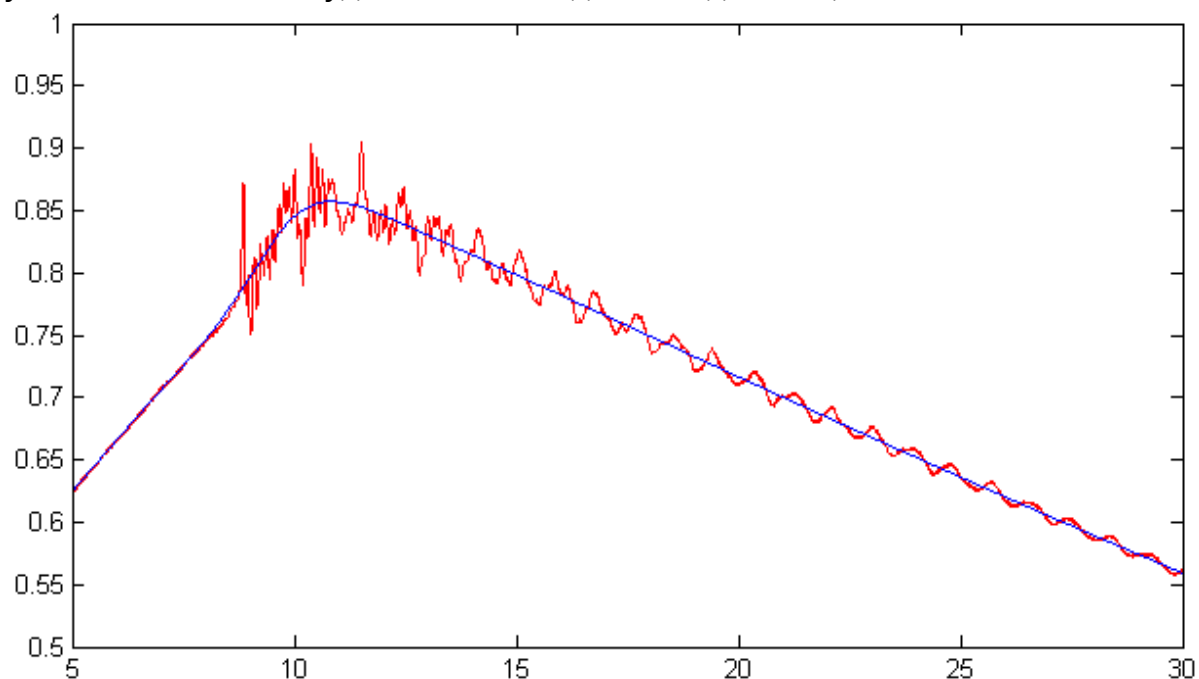


Рис. 2. Сигнал датчика давления с осцилляциями и линия давления, полученная сплайн-интерполяцией

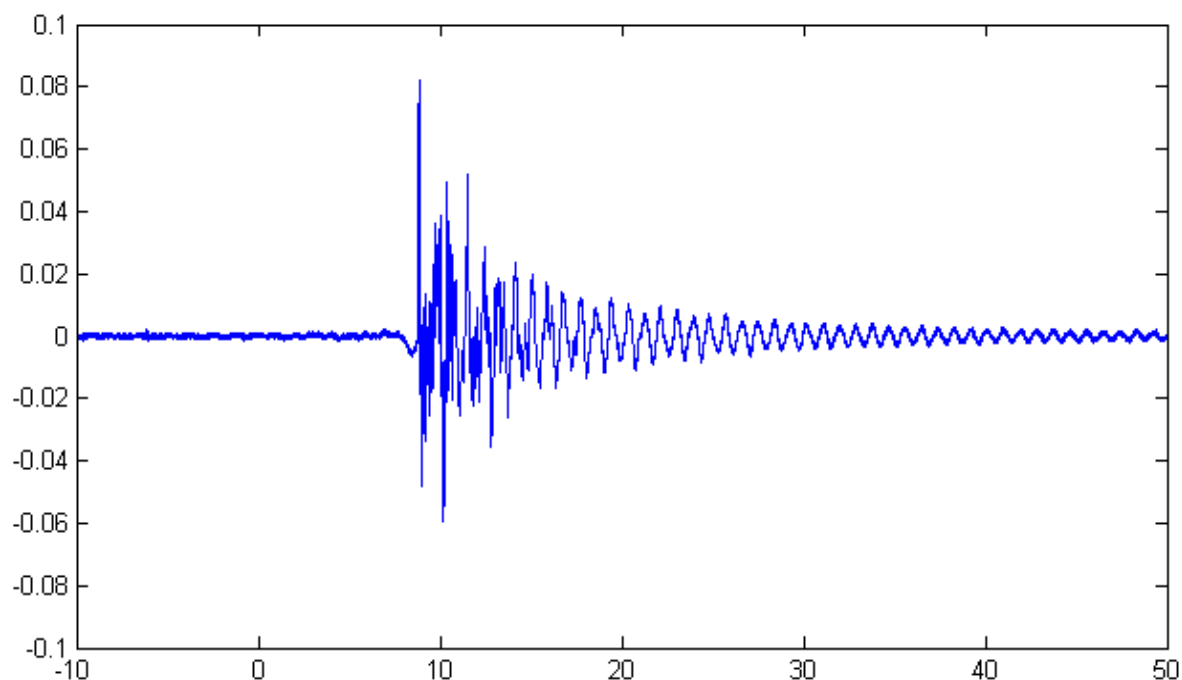


Рис. 3. Высокочастотная часть сигнала датчика давления, представляющая осцилляции при детонации сгорания

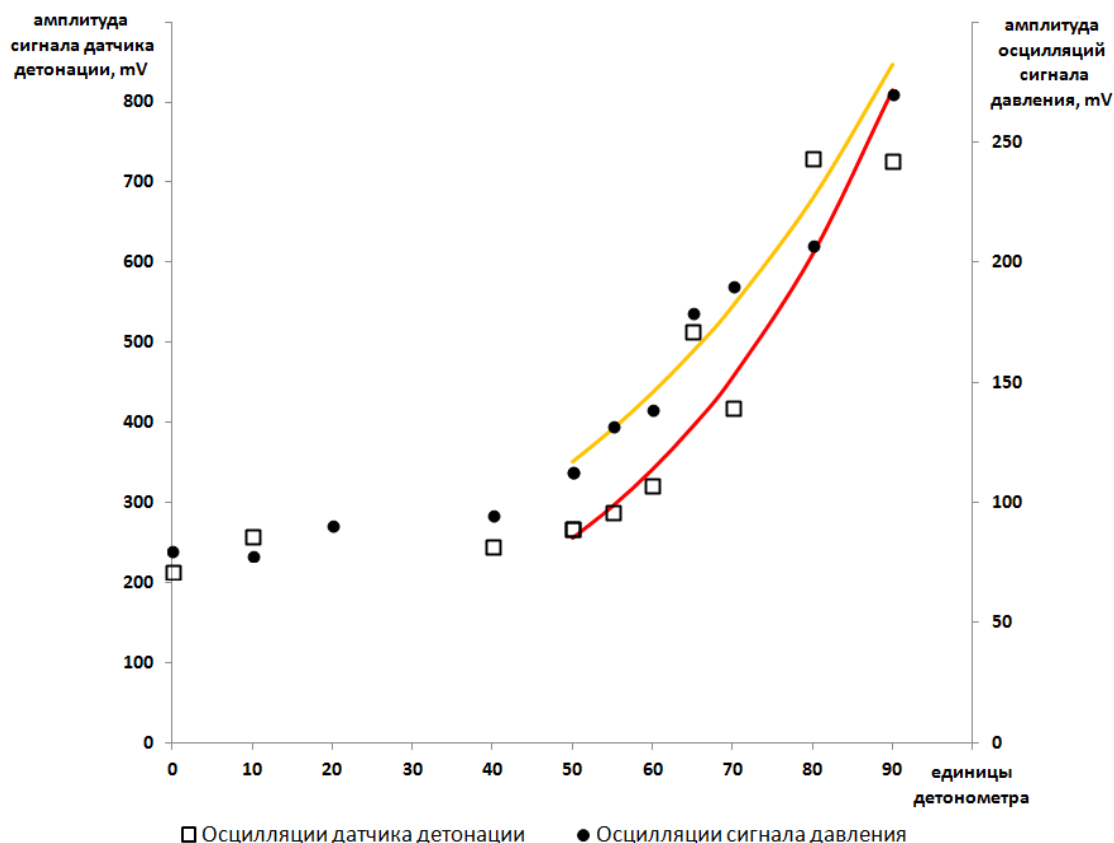


Рис. 4. Зависимости амплитуды осцилляций на датчиках давления и детонации от интенсивности детонации, определенной по штатному детонатору

Выводы

Была разработана и успешно опробована модель сбора и обработки экспериментальных данных.

Литература

1. Data Acquisition Toolbox [Электронный ресурс]. 2013. URL: <http://www.mathworks.com/products/daq/>
2. PCI-1712L 1 MS/s, 12-bit, 16-ch PCI Multifunction Card w/o AO [Электронный ресурс]. 2013. URL: http://www.advantech.ru/products/PCI-1712L/mod_A025E969-33CB-4E4F-B80B-BFBB8BEFEEF1.aspx
3. Егоров А. Г. Организация рабочего процесса в камерах сгорания реактивных двигателей на псевдожидком топливе / А. Г. Егоров, С. В. Пивнева, А. Н. Попов // Актуальные проблемы российской космонавтики : труды XXXII академических чтений по космонавтике (29 января – 1 февраля 2008 г.). – М., 2008. – С. 180-182.
4. Мельников Б. Ф. Мультиэвристический подход к задачам дискретной оптимизации / Б. Ф. Мельников, С. В. Пивнева // Методы и средства обработки информации : труды Третьей всерос. науч. конф. (ВМК МГУ 6-8 октября 2009 г.). – М., 2009. – С. 268-280.
5. Егоров А. Г. Организация рабочего процесса в камерах сгорания двигательных и энергетических установок нового поколения / А. Г. Егоров, С. В. Пивнева // Вестник Самарского гос. аэрокосмического ун-та. № 2 (10). Ч. 1. – Самара : Изд-во СГАУ, 2006. – С. 104-110.
6. Твердохлебов А.Я. Система обработки потока данных для анализа режимов работы двигателя внутреннего сгорания/ С. В. Пивнева, П. В. Ивагин // Известия Южного Федерального Университета. Технические науки. Том 131, №6 - Таганрог, 2012 – С 257-259.

Хританков А.С.

МФТИ, доцент, anton.khritankoc@acm.org

Сценарная оценка возможных архитектурных изменений на примере одного класса программ анализа данных

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Программа анализа данных, оценка архитектурных изменений, метод анализа модифицируемости, реестр технических рисков.

АННОТАЦИЯ:

В статье исследуется применимость сценарного метода анализа модифицируемости ALMA к программам анализа данных и машинного обучения. Составлен и изучен перечень возможных сценариев изменения для программ, реализованных по определенному архитектурному шаблону. Рассматривая сценарии изменений как технические риски, продемонстрирована возможность построения единого реестра технических рисков сразу для множества приложений в составе реальной системы интеллектуального анализа данных.

Введение

Оценка модифицируемости программной системы является важным инструментом для определения ее сопровождаемости в будущем. Модифицируемость является важной характеристикой для систем, создаваемых в проектах с существенной исследовательской частью, неточно определенными или непредсказуемо изменяющимися требованиями. Рассматриваемая в этой статье задача оценки модифицируемости архитектурного шаблона возникла в проекте по разработке интеллектуальной подсистемы для электронных библиотек. Анализируемый архитектурный шаблон использован для разработки приложений анализа данных, входящих в состав подсистемы. Результаты анализа позволяют понять, к каким изменениям подсистема не является гибкой и какие риски возникают вследствие применения данного архитектурного шаблона.

Для проведения анализа был выбран сценарный подход [4, 6], который, в отличие от анализа модульности структуры (например, [3]) и анализа на основе метрик (см. [2]), позволяет оценить модифицируемость системы по ее архитектурному описанию до начала разработки в соответствии с ожиданиями заинтересованных сторон.

Под сценарием изменения подразумевается цепочка событий, влияющих на приложение или среду его выполнения. Воздействием

сценария будем называть изменения, которые необходимо внести в приложение при реализации сценария. Сценарный подход оценки модифицируемости заключается в формулировании сценариев изменений, анализе изменений, вносимых этими цепочками, и оценивании воздействия этих изменений.

Среди сценарных методов был выбран метод анализа модифицируемости на архитектурном уровне (ALMA) [1], так как известны подтверждения применимости этого метода для анализа рисков [1]. Метод ALMA состоит в следующем. Для проведения анализа формируется группа из аналитика, посредника (facilitator), экспертов и заинтересованных лиц системы. Определяется цель исследования, ограничения и объект анализа. На предварительном этапе формируется описание архитектурного шаблона, в которое вносятся пояснения, дополнения по результатам предварительных обсуждений в группе.

Аналитик составляет схему классификации сценариев, специфичную для предметной области – анализа данных и машинное обучение в данном случае.

Сценарная оценка выполняется по следующей процедуре:

1. Аналитик рассылает краткое описание архитектуры приложения, назначает встречу эксперту.
2. На встрече аналитик отвечает на вопросы по архитектуре и интервьюирует эксперта по сценариям, используя классификационные схемы. Проводится несколько раундов, критерием останова является отсутствие новых категорий в схеме.
3. Аналитик совместно с архитектором оценивает сценарии и готовит интерпретацию.
4. Аналитик формирует сводный отчет о поддержке архитектурным шаблоном типов изменений.

Анализ архитектурного шаблона

Цель анализа

Целью анализа является выявление и оценка типов изменений, относительно которых программные системы, построенные по рассматриваемому шаблону, не будут гибкими.

Анализируются приложения анализа данных в отдельности, каждое приложение решает определенную задачу из предметной области анализа данных. При этом в ходе анализа рассматриваются изменения, предполагаемые в любых приложениях анализа данных, но не затрагивающие изменение решаемой приложением задачи.

Описание архитектурного шаблона

Исследуемый архитектурный шаблон используется в проекте по разработке интеллектуальных средств для электронных библиотек. По замыслу разработчиков шаблон должен обеспечить модифицируемость и переносимость приложений анализа данных, а также систематизировать и облегчить процесс их проектирования и реализации.

Согласно шаблону, каждое приложение реализует одну или несколько операций обработки данных, результаты которых могут использовать другие приложения. В архитектурном шаблоне, приложение состоит из драйвера и нескольких связанных модулей, использующих данные из одной предметной области.

Драйвер создает и настраивает модули, получает постановку задачи и организует ее обработку модулями. Алгоритмический модуль реализует определенный алгоритм анализа данных и решает одну точно сформулированную задачу. Модуль доступа к данным обеспечивает доступ к внешним данным и перевод их во внутренний формат приложения. Процессный модуль использует алгоритмические модули, модули доступа к данным и другие процессные модули для реализации операции, выполняемой приложением. Алгоритмический модуль получает доступ к справочникам и вспомогательным данным (side data) также через модули доступа к данным. Модули могут использовать внешние библиотеки, при этом подразумевается, что они не имеют непредвиденных эффектов на другие модули.

Логическая схема шаблона приведена на рис. 1.

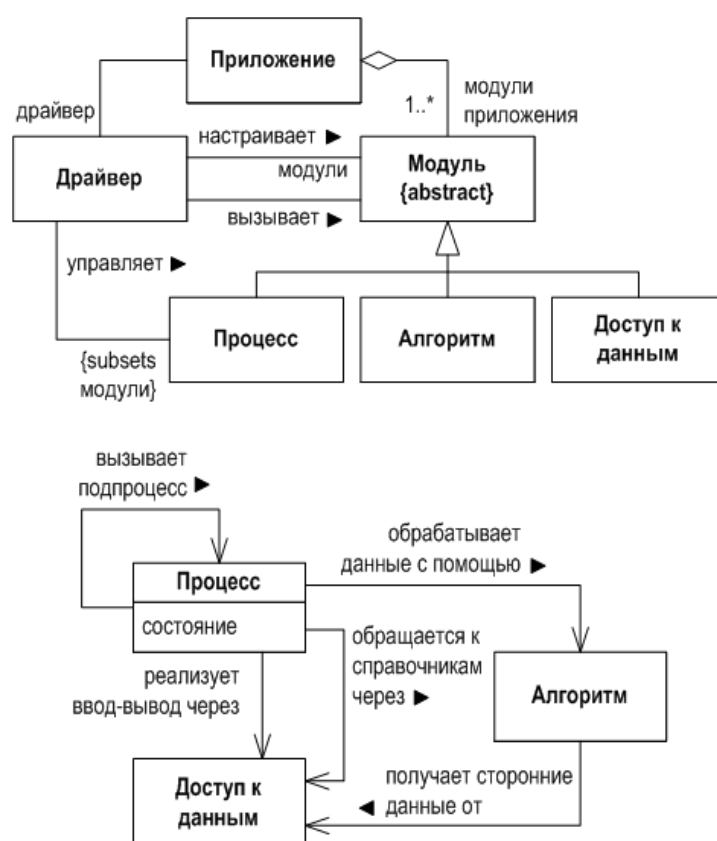


Рис. 1. Диаграмма классов архитектурного шаблона

При старте приложения драйвер создает экземпляры модулей, связывает их между собой и передает процессному модулю постановку задачи. Процессный модуль загружает из внешних источников

необходимые для решения задачи данные, вызывает в определенном порядке алгоритмические модули и сохраняет результаты и возвращает управление драйверу.

Извлечение сценариев

Для первоначального выделения сценариев была использована общая схема с категориями по источникам изменений:

- Изменения в функциональной спецификации.
- Изменения в нефункциональных требованиях.
- Изменения в среде работы.
- Другие источники.

Экспертами выступили разработчики системы, исследователи алгоритмов и представители продуктового менеджмента.

Опросы экспертов проводились независимо по отдельным приложениям с целью извлечения релевантных сценариев изменений. Всего было исследовано четыре приложения и получено 89 сценариев. Три из них были исключены как нерелевантные.

Сценарии были сгруппированы в пять категорий по изменению функциональности, и в четырнадцать категорий по восьми характеристикам качества ISO 25010 [5]. При этом большинство категорий отнесены к переносимости, к безопасности не было отнесено ни одной категории.

В качестве критерия для группировки сценариев была использована общность описания изменений в терминах архитектурного шаблона: какие модули должны быть изменены, как распространяются изменения между модулями. Как следствие, построенные категории сценариев изменений можно принять как типовые сценарии изменений для архитектурного шаблона. Названия типовых сценариев были скорректированы для исключения специфичных для предметной области понятий. Полученные типовые сценарии приведены в таблице 1.

Оценка сценариев

Воздействие сценария оценивалось отдельно для внутренней структуры приложения (SI) и для взаимодействия с внешней средой (EI).

Табл. 1. Типовые сценарии изменения с оценками влияния (EI, SI), сложности согласований (AC), уровня затрат на реализацию (EL), вероятности возникновения (P) и предполагаемая реакция (Resp.)

№	Типовой сценарий изменений	EI	SI	AC	EL	P	Resp.
1.	Расширение задачи обработки данных, области применения	2	2	2	Iter	Med	Ctrl
2.	Изменение математической модели задачи обработки данных	2	3	2	Phs	Low	Ctrl
3.	Изменение реализации и алгоритмов обработки данных	1	1	1	Task	Med	Acc
4.	Изменение состава справочников, сторонних (side) данных	1	1	1	Task	Med	Acc
5.	Изменение состава обрабатываемых данных и результатов	2	2	2	Iter	High	Ctrl

6.	Изменение интерфейса управления приложением	1	1	2	Iter	Med	Acc
7.	Существенные изменения в объеме обрабатываемых данных	1	1	1	Task	High	Acc
8.	Оптимизация сценариев обработки, комбинирование алгоритмов	1	1	1	Task	Med	Acc
9.	Поддержка тестирования отдельных модулей	0	0	1	None	Low	Acc
10.	Изменение границ, объединение и перекомпоновка приложений	1	1	1	Task	Med	Acc
11.	Рефакторинг и унификация интерфейсов модулей	1	2	1	Iter	Low	Acc
12.	Изменение механизмов обеспечения надежности	1	1	2	Iter	Med	Acc
13.	Изменение средств мониторинга работы приложения	1	1	2	Iter	Med	Acc
14.	Миграция или замена внешних библиотек алгоритмов	1	1	2	Iter	Med	Acc
15.	Изменение технологии хранения и доступа к данным	1	1	2	Iter	Med	Acc
16.	Изменение языка программирования	1	3	1	Phs	Med	Ctrl
17.	Изменение каркаса (framework), промежуточного ПО (middleware)	1	1	1	Task	Low	Acc
18.	Перенос в облачные среды (IaaS, PaaS)	2	2	2	Iter	Med	Ctrl
19.	Смена модели вычислений (Sequential batch, M/R, Message Passing)	1	2	2	Iter	High	Ctrl

Оценка воздействия выполнена качественно, использована шкала воздействия изменений, представленная в описании метода [1]:

- (0) изменение затрагивает конфигурацию компонента;
- (1) изменение затрагивает реализацию компонента;
- (2) изменение затрагивает несколько компонентов;
- (3) изменение затрагивает архитектуру системы или приложения.

С учетом специфики объекта анализа, шкала сложности согласования (АС) была доработана:

- (1) согласование с владельцем приложения;
- (2) согласование с владельцами приложения и системы или с владельцами внешних систем;
- (3) согласование с владельцами приложения, системы и внешних систем.

Мы не рассматривали воздействие сценариев, связанные с возникновением конфликта версий компонентов, так как ни для одного сценария такой конфликт не возникал.

Интерпретация сценариев как рисков

Для анализа рисков модифицируемости, связанных с негибкостью архитектуры приложений относительно выделенных сценариев изменений каждому типовому сценарию была приписана вероятность возникновения (Р). Вероятность оценивалась экспертно и, частично, с учетом исторических данных по проекту по шкале:

- (Low) изменение маловероятно и, скорее всего, не случиться в жизненном цикле приложения;

(Med) изменение возможно, имеются примеры в сходных проектах;
 (High) скорее всего, изменение произойдет, изменение планируется и требуется для развития приложения.

Для классификации изменений по уровню затрат на реализацию (EL) были построены таблицы принятия решений в координатах SI-AC и EI-AC (пример в таблице 2), из которых выбиралось максимальное значение по шкале:

(Nvr) комбинация параметров невозможна;
 (None) дополнительные к решению поставленной задачи затраты отсутствуют;
 (Task) возможны дополнительные затраты на уровне одной задачи;
 (Iter) возможно потребуется перепланирование работ в рамках недели или месяца;
 (Ph) возможные затраты могут привести к изменениям на уровне фазы или этапа проекта;
 (Prj) изменения могут привести к неудаче проекта по разработке приложения в целом.

Табл. 2. Пример таблиц принятия решений по оценке затрат (EL).

Взаимодействие со средой				Внутренняя структура				
EI		AC				AC		
		1	2	3		1	2	3
	0	None	Task	Iter	0	None	Task	Iter
	1	None	Iter	Iter	1	Task	Task	Iter
	2	Never	Iter	Ph	2	Iter	Iter	Iter
	3	Never	Ph	Prj	3	Phase	Phase	Prj

Анализ полученного реестра рисков

Анализ полученных для архитектурного шаблона типовых сценариев показывает, что основные риски связаны с расширением постановки задачи, решаемой приложением, изменением модели данных, изменением математической постановки задачи и переносом приложения в другую среду исполнения или изменение модели вычислений.

Первые два риска связаны с тем, что модули приложения имеют общую зависимость от модели данных приложения. Изменение математической постановки – это изменение на уровне предметной области, оно влечет смену используемых алгоритмов, порядка обработки и модели данных. Существенное воздействие риска переноса в другую среду объясняется тем, что реализация и интерфейсы модулей, взаимодействующих со средой, не унифицированы, может потребоваться их адаптация.

Отметим, что не были выделены сценарии, связанные с изменением требований к безопасности, что, может объясняться, с одной стороны, решением данного вопроса на уровне архитектуры системы, а с другой недостаточным вниманием к безопасности со стороны экспертов.

Полученные сценарии по построению не являются независимыми,

например, реализация сценария расширения задачи обработки данных может привести к необходимости изменения состава обрабатываемых данных и реализации соответствующего сценария.

Оценивая процесс анализа модифицируемости, можно сказать, что применение метода ALMA не вызвало существенных трудностей, обучение аналитика применению метода состояло в изучении материалов по методу, предварительном обсуждении и пробном интервью по извлечению сценариев. Суммарные затраты времени всей группы составили около пяти человеко-дней.

Заключение

В данной статье представлены результаты анализа модифицируемости и составлен реестр рисков для приложений анализа данных, построенных по определенному архитектурному шаблону.

Сценарный метод оценки позволил выявить труднореализуемые изменения и качественно оценить их влияние на процесс разработки. При необходимости, архитектурный шаблон может быть доработан для обеспечения гибкости по выявленным сценариям, что снизит общий риск проектов разработки приложений с использованием данного шаблона.

Предложенная в данной работе модификация метода ALMA для оценки технических рисков, связанных с внесением изменений в программную систему, и разработанный реестр рисков могут быть применены для повышения качества сложных программных систем анализа данных, управления техническими рисками проектов их разработки и сопровождения.

Литература

1. PerOlof Bengtsson, Nico Lassing, Jan Bosch, and Hans van Vliet. 2004. Architecture-level modifiability analysis (ALMA). J. Syst. Softw. 69, 1-2 (January 2004), 129-147.
2. Heiko Koziol. 2011. Sustainability evaluation of software architectures: a systematic review. In Proceedings of the joint ACM SIGSOFT conference -- QoSA and ACM SIGSOFT symposium -- ISARCS on Quality of software architectures -- QoSA and architecting critical systems -- ISARCS (QoSA-ISARCS '11). ACM, New York, NY, USA, 3-12.
3. Yuanfang Cai and Kevin J. Sullivan. 2006. Modularity Analysis of Logical Design Models. In Proceedings of the 21st IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE '06). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, 91-102.
4. Rick Kazman, Len Bass, Mike Webb, and Gregory Abowd. 1994. SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures. In Proceedings of the 16th international conference on Software engineering (ICSE '94). IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA, USA, 81-90.
5. ISO/IEC 25010:2011. Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models.
6. Ville Reijonen, Johannes Koskinen, and Ilkka Haikala. 2010. Experiences from scenario-based architecture evaluations with ATAM. In Proceedings of the 4th European conference on Software architecture (ECSA'10), Muhammad Ali Babar and Ian Gorton (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 214-229.

Сбоев А.Г.¹, Рыбка Р.Б.², Иванов И. И.³, Гудовских Д.В.⁴, Молошников И.А.⁵, Кукин К.А.⁶, Власов Д.С.⁷

¹ к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедры АСОУ, sag111@mail.ru

² Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», RybkaRB@gmail.com

³ Магистр, МИРЭА honala@yandex.ru

⁴ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», dvigudovskikh@gmail.com

⁵ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», ivan-rus@yandex.ru

⁶ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», kostikkykin@mail.ru

⁷ Студент, МИРЭА, vfked0d@gmail.com

Модель системы синтаксического анализа текстов естественного языка на основе статистически отобранных наборов параметров слов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

BigData, обработка естественного языка, синтаксический анализ, синтаксическое дерево, нейронные сети, вероятностные алгоритмы.

АННОТАЦИЯ:

Целью данной работы является выделение из текстового выражения признаков, позволяющих снизить неоднозначность в определении синтаксических отношений между словами выражения. Это позволяет облегчить построение синтаксического дерева текстового выражения, где узлами являются слова, а связями – синтаксические отношения.

В работе представлен краткий обзор методов нейросетевых и вероятностных алгоритмов построения дерева синтаксического разбора, а также результаты статистического исследования влияния использования различных наборов параметров текстового выражения на определение синтаксических отношений.

Введение

В связи с возрастанием в современных условиях интереса к интегрированным системам обработки информации, типа Big Data с встроенными системами: анализа масс-медиа, аннотирования текстов, анализа контента бизнес информации, сентимент-анализа, выявления угроз в соц. сетях, специального назначения и машинного перевода, вопрос анализа национального естественного языка является весьма актуальным

Технологии Big Data предназначены для обработки больших объемов текстовой и медийной информации на суперкомпьютерах. Качество работы продуктов данной технологии напрямую зависит от систем анализа естественных языков. Как показывает обзор литературы

основным затруднением для реализации подобных систем для русского языка является отсутствие качественных синтаксических парсеров, не говоря уже о семантических.

Это связано с языковыми особенностями, в частности с нечеткой последовательностью слов, использующихся при построении выражений.

Результатом этапа синтаксического анализа является дерево синтаксического разбора, показывающее синтаксические связи (далее синто). В процессе обработки текстового выражения с целью построения дерева синтаксического разбора возникает большое количество неоднозначных "синто". Это связано как с многозначностью входных данных (одна и та же словоформа может быть получена от различных нормальных форм), так и неоднозначностью самих правил разбора.

Целью данной работы является проведение исследования, насколько признаки всего текстового выражения влияют на снижение неоднозначности в определении "синто" между двумя словами в нем. Это необходимо для реализации процедуры определения "синто" в рамках этапа проведения синтаксического анализа выражения.

Состояние проблемы

В мире данной тематикой занимается большое сообщество специалистов, в частности из NLTK [1], из таких университетов как Стенфордский [2], Векше и Упсалы в Швейцарии [3], штата Иллинойс в Чикаго [4], города Пенсильвании [5]. Для русского языка созданы такие системы как АОР [6] и ЭТАП-2\3 [7]. Существует несколько подходов при решении задач анализа естественного языка: с применением лингвистических правил, либо с применением вероятностных и обучаемых интеллектуальных систем. Задачу синтаксического анализа тоже можно решать несколькими способами: на основе лингвистических правил, как это сделано в ЭТАП 3 [7], либо на основе заранее размеченной коллекции примеров для обучения системы, которая составляется специалистами по языкознанию. К последнему способу относятся применение нейронных сетей и вероятностных алгоритмов, таких как скрытые Марковские модели и вероятностные грамматики [8].

Модель системы синтаксического разбора на основе нейронных сетей SRN и RAAM

При использовании принципов формальных нейронных сетей задача синтаксического разбора разделяется на 2 этапа:

- а. Непосредственно синтаксический разбор («Парсинг»).
- б. Декодирование результатов «парсинга».

«Парсинг» осуществляется средствами сети SRN, а декодирование результатов, т.е. постройка дерева синтаксического разбора – это задача сети RAAM [9].

Целью сети RAAM является кодирование символьных структур (слов или их признаков) средствами нейронных сетей в численный вид.

На рисунке 1 представлена архитектура сети RAAM.

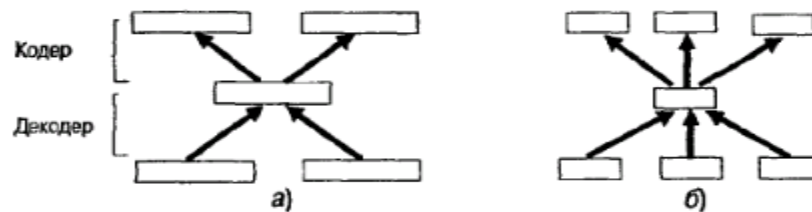


Рисунок 1. Архитектура сети RAAM а) двоичная, б) троичная

Если взять сеть RAAM, обученную представлять некое множество деревьев, то эту сеть можно представлять как два автомата:

- кодер – автомат для создания представлений деревьев из векторов входных значений.
- декодер – автомат, берущий полученные представления деревьев и разбивающий их на составные части.

Сеть SRN(Simple Recurrent Network) – это простая рекуррентная сеть, в которой элементы скрытого слоя имеют связи с элементами входного слоя (см. рис.2).

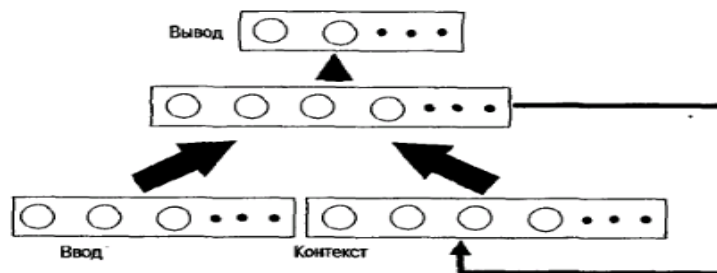


Рисунок 2. Архитектура сети SRN

Элементы скрытого слоя представляют редуцированное представление данных, предшествующих текущему выводу. Это редуцированное представление является существенно-важным контекстом для задачи синтаксического разбора.

Далее показана модель системы синтаксического разбора при выбранном подходе (см. рис. 3).



Рисунок 3. Модель системы синтаксического разбора предложения на основе сетей RAAM и SRN

Недостатки: при реализации этого подхода возникают следующие сложности:

1. Деревья, выраженные синтаксически разобранными предложениями, имеют различную длину. Необходимо привести в вид соответствующий входному множеству фиксированной размерности сети RAAM.
2. Необходимость создания библиотеки обучающих предложений, состоящей из двух частей: 1) сами предложения и 2) синтаксический разбор каждого.
3. При больших объемах предложения, слова, поступившие первыми сильнее «зажимаются» в контексте сети SRN, что представляет трудность для дешифрации.

Системы синтаксического анализа, основанные на использовании формальных грамматик, SKY, Inside\outside алгоритмов.

SKY-алгоритм позволяет осуществить разбор входной последовательности в соответствии с заданной грамматикой. [10]

Формальная грамматика состоит из множеств терминальных элементов, нетерминальных элементов и набора правил перехода от множества к множеству. В задачах синтаксического анализа используют как правило контекстно-свободные грамматики, в которых в левой части правил стоит один нетерминальный элемент, а в правой либо набор нетерминальных, либо один терминальный.[11]

Пример для контекстно свободной грамматики и SKY-алгоритма для англ предложения «The brown dog». Используемая часть грамматики: NP → DT Nom, Nom → JJ NN, DT → the, JJ → brown, NN → dog

Таблица1. Таблица разбора в соответствии с SKY

The	Brown	Dog
DT (шаг 1)	-- (шаг 3)	NP (шаг 6)
	JJ (шаг 2)	Nom (шаг 5)
		NN (шаг 4)

Шаги соответствуют последовательности выполнения операций в работе SKY-алгоритма. Шаги 1,2,4 – соответствуют определению терминальных элементов соответствующим нетерминальным в КС грамматике; на шаге 3 определяется, что правила вывода из какого-либо нетерминального в грамматике двух других нетерминальных элементов DT и JJ нет; на шаге 5 определяется, что существует правило вывода из Nom двух нетерминальных NN,JJ; на шаге 6 определяется, что существует правило вывода из NP двух нетерминальных DT,Nom.

Таким образом, из полученной таблицы можно вывести дерево разбора (см. рис. 4).

Для определения вероятности правил грамматики используется Inside\outside алгоритм, названный в соответствии с используемыми в нем внутренними и внешними вероятностями. Основная идея алгоритма

заключается в расчете внутренних - α и внешних - β вероятностей и максимизации на их основе функции максимального правдоподобия $L(\phi)$ [12].

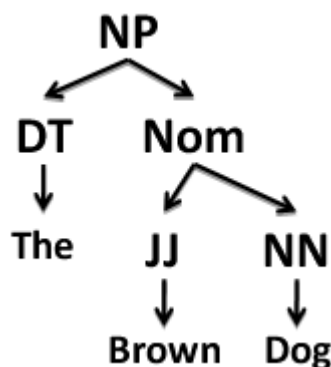


Рисунок 4. Дерево разбора в соответствии с грамматикой

Основные этапы алгоритма:

- 1) случайным образом распределяются вероятности « ϕ » между правилами в грамматике;
- 2) строятся возможные разборы предложения (W), рассчитываются внутренние и внешние вероятности;
- 3) рассчитывается число применений правил при выводе анализируемого предложения

$$C_{\phi}(A \rightarrow \alpha_i, W) = \frac{\phi(A \rightarrow \alpha_i)}{P_{\phi}(W)} \sum_{1 \leq j \leq k \leq n} \beta_k(A) \alpha_j(\alpha_i) \alpha_{j+1,k};$$

- 4) рассчитывается функция применения правила с учетом прошлых разборов

$$count(A \rightarrow \alpha_i) = \sum_{i=1}^N C_{\phi}(A \rightarrow \alpha_i, W_i);$$

- 5) обновляется значение функции: ϕ ;

$$L(\phi) = \prod_w P_{\phi}(W)$$

- 6) рассчитывается функция правдоподобия:

$$\varepsilon : \bar{L}(\phi) - L(\phi) \leq \varepsilon.$$

Этапы 1-5 повторяются пока

Недостатки:

1. Результаты разборы с использованием данного подхода очень многозначны, т.е. каждому предложению соответствует несколько вариантов дерева разбора.
2. Низкое время разбора в связи с необходимостью постоянно обращаться к КС грамматике.
3. При реализации грамматик для русского языка ее объем составит порядка миллиона правил.

Синтаксический анализатор на основе сочетания справочных таблиц (ЛТ), скрытых Марковских моделей и нейронных сетей.

Алгоритм данного подхода представлен на рис.5 и хорошо описан в [8].

В качестве входного предложения взято «The cat sat on the mat» (6 слов).

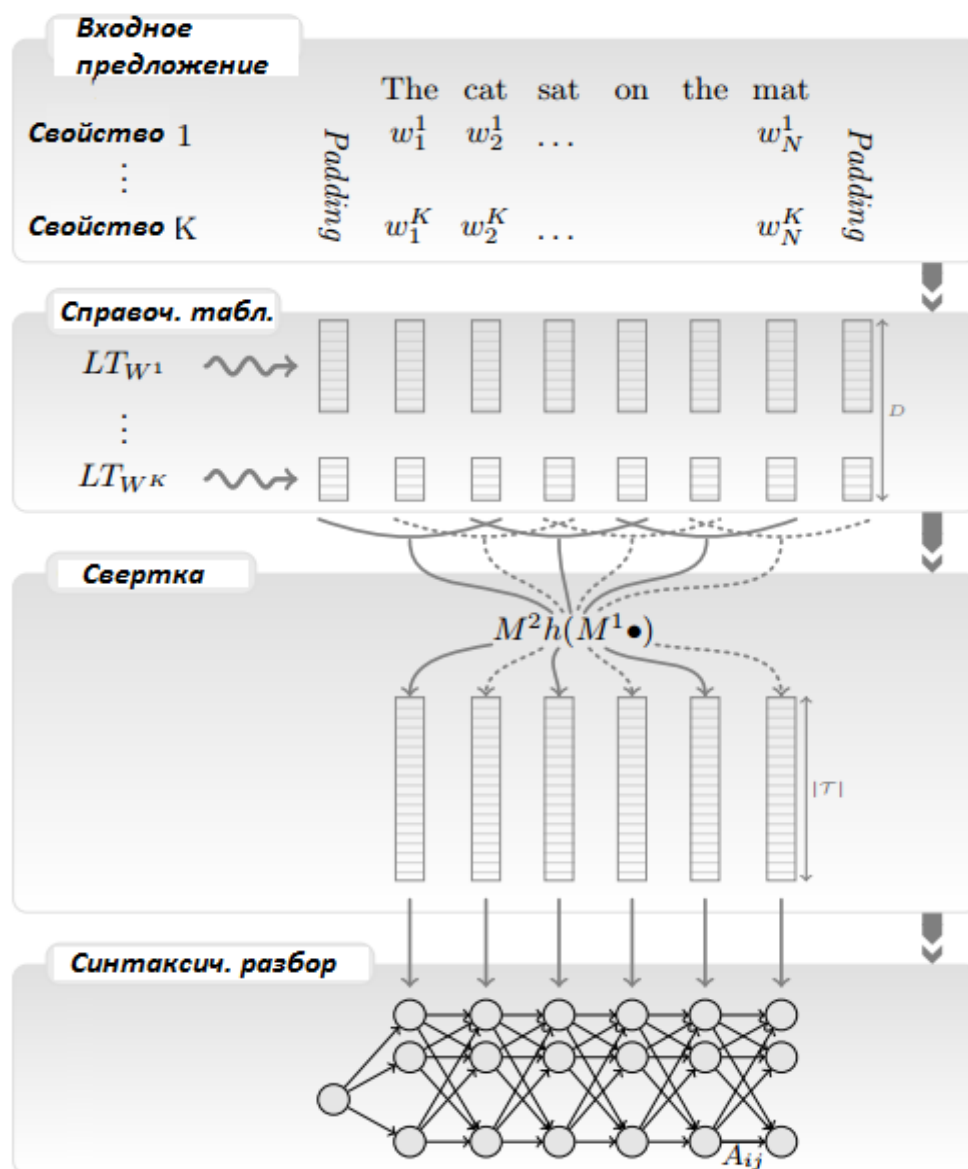


Рисунок 5. Алгоритм на основе LT, нейронных сетей, СММ

На первом этапе определяются признаки для всех слов предложения.

Далее для каждого слова строится LT, содержащая признаки рассматриваемого слова входного предложения и признаки других слов. После чего происходит свертка и экстракция вектора высокоуровневых признаков слова. Свертка может происходить по-разному: в рамках фиксированного количества слов (окна) или в рамках всего предложения. В зависимости от подхода корректируется процедура построения LT, при оконном подходе к предложению добавляются «пустые слова» - padding, количество которых слева и справа равно $k=(\text{размер окна} - 1)/2$ (на примере $k=1$ слева и справа, окно размером три слова)

После получения вектора высокоуровневых признаков слов

выражения осуществляется непосредственно построение дерева разбора средствами скрытых Марковских моделей (алгоритм Витерби – построение последовательности скрытых состояний по наблюдаемой последовательности). В качестве наблюдаемой последовательности используются высокоуровневые признаки слов выражения. Скрытыми состояниями, для заданных наблюдаемых, будут уровни в дереве разбора.

К недостаткам текущего метода можно отнести сложность его реализации для русского языка, в частности подбор топологии нейронных сетей.

Учитывая отмеченные недостатки, наиболее предпочтительным выглядит подход на основе LT, скрытых Марковских моделей и нейронных сетей.

Для построения системы синтаксического анализа в любом случае требуется выбрать набор параметров, обеспечивающих минимальную неоднозначность на этапе установления «синто».

Статистический выбор параметров для определения синто

Качество интеллектуальной системы анализа текстов на естественном языке в серьёзной степени зависит от наличия набора образцовых предложений, на котором можно её протестировать. Для русского языка создан “Национальный корпус русского языка” (НК) [13] – представительное собрание текстов в электронной форме, содержащее особую дополнительную информацию о свойствах входящих в него текстов (разметку), что позволяет использовать его для научных исследований лексики и грамматики языка.

При реализации процедуры определения синтаксических отношений нами использовалась система морфологических и синтаксических правил, принятая в корпусе (то есть перечень различных частей речи и грамматических характеристик слов, а также набор возможных синтаксических отношений (“синто”) между словами в предложении). В качестве примеров выражений для отладки процедуры использовался “синтаксически размеченный корпус” (“СинТагРус”), который содержит тексты, снабжённые морфосинтаксической разметкой, при этом каждому слову текста сопоставляется одна и только одна морфологическая структура, а каждому предложению ставится в соответствие одна, и только одна синтаксическая структура. Все признаки (морфологические и синтаксические) корпуса были предварительно закодированы для удобства обработки.

За основу для графематического и морфологического анализа взят свободно распространяемый в исходных кодах пакет библиотек группы АОТ [2], ориентированный на работу с русским языком

В качестве базового графематического анализатора прототипа системы был использован модуль “ГРАФАН” группы АОТ. Некоторые графематические дескрипторы (а именно: признак заглавной буквы слова и знак препинания, непосредственно следующий за словом) были

использованы для создания вектора дополнительных характеристик слова.

В качестве базового морфологического анализатора прототипа системы был использован модуль 'Lemmatizer' группы АОТ.

Основных подходов к определению синто в выражении два:

- 1) лексический;
- 2) грамматический.

При лексическом подходе основополагающим фактором являются переходы от одного слова к другому, однако при использовании данного метода получается очень разреженное пространство состояний из-за большого адресного пространства. При грамматическом подходе основополагающим фактором являются синто, возникающие между наборами морфологических признаков соответствующих слов выражения (главного и зависимого), поэтому он выбран в качестве базового.

В данной работе рассматривается несколько наборов признаков слов выражения (см. табл. 2), используемых для определения синтаксических отношений:

Таблица 2. Принадлежность различных параметров наборам

Признаки\наборы	1	2	3	4
Морфологические	+	+	+	+
Дополнительные		+	+	+
смещение главного слова относительно зависимого			+	+
потенциальные синто (п_синто) между парой слов			+	+
потенциальных исходящих синто от слов пары к другим словам выражения				+

К дополнительным признакам относятся признак большой буквы и знака после слов в предложении, входящих в состав рассматриваемой пары.

Под смещением главного слова относительно зависимого понимается расстояния от главного слова до зависимого.

Под потенциальным синто понимается все синтаксические отношения, установленные между морфологическими характеристиками слов, рассматриваемой пары.

Потенциальными исходящими синто от слов пары к другим словам выражения являются все п_синто между главным словом, рассматриваемой пары, и другими словами предложения, а также все п_синто между зависимым словом, рассматриваемой пары, и другими словами предложения.

В таблице 3 представлено сравнение наборов признаков слов на для определения синто.

В процессе исследования создан комплекс программных алгоритмов для работы с НК, который включает:

- процедуру обхода по закодированным текстам корпуса с целью выделения пар слов с признаками, описанными в п. 1,2,3,4;

- процедуру выделения среднего количества неоднозначных связей для всех слов всех выражений;
- процедуру расчета среднего количества неоднозначных связей для слов выражения, имеющих неоднозначность;
- процедуру оценки однозначного определения синто в рамках одного набора признаков в «%», когда одному набору признаков соответствует несколько различных синто;
- процедуру вычисления процента определения конечного элемента в дереве синтаксического разбора.

Таблица 3. Сравнение наборов признаков для определения синто

Набор признаков	Среднее количество неоднозначных связей для слов выражения	Среднее количество неоднозначных связей для слов выражения, имеющих неоднозначность	Однозначность возникновения синто в рамках одного набора признаков в «%», т.е. одному набору признаков соответствует несколько различных синто	Процент определения конечного элемента в дереве синтаксического разбора
1	102,29	102,47	58,48	65,21
2	56,28	57,27	78,9	79,04
3	8,84	10,02	85,72	90,36
4	1,43	2,65	98,91	99,15

Построение системы на основе статистически выбранного набора параметров слов

Для определения потенциальных синто создан аппарат, состоящий из 76 нейронных сетей в виде Dynamic Link Library, на базе Multi Layer Perceptron (MLP) (см. рис. 6), содержащий все синто НК.

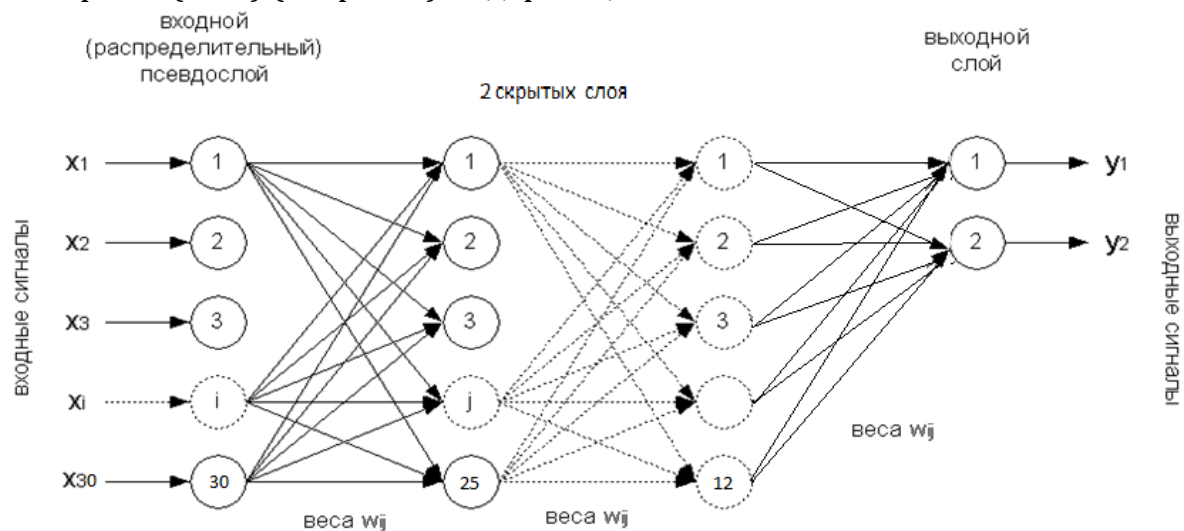


Рисунок 6. Сети MLP, состоящая из: 1 входной слов – 30 элементов (соответствует количеству морф. признаков пары слов), 2 скрытых слоя – 25 и 12 элементов, 1 выходной слой – 2 элемента (принадлежит данному синто (1 0) или нет (0 1)).

Функция активации узлов сети MLP

$$OUT = \frac{1}{1 + \exp(-\alpha Y)}$$

, где α – настраиваемый при обучении параметр, $OUT \in \{0; 1\}$.

Для обучения нейронных сетей использовались наборы примеров морфологических признаков пары слов из НК для 76 синто, каждый набор состоит из 100000 различных пар, описанных векторами закодированных морфологических признаков слов в составе пары (30 значений).

В соответствии с выбранными наборами признаков этап синтаксического анализа состоит из следующих процедур:

- определение и кодирование морфологических признаков слов выражения,
- разбиение на различные морфологические варианты разбора выражения,

Далее для каждого морфологического варианта разбора выражения:

- определение потенциальных синтаксических отношений между морфологическими признаками слов;
- составление справочной таблицы (см. рис.) для каждого слова, включающую морф. признаки слов выражения, признак потенциальных синтаксических отношений, смещение слов относительно рассматриваемого, дополнительные признаки такие как: признак большой буквы и знака после слова, а также потенциальные синтаксические отношения от главного и зависимого слова пары к другим словам выражения;
- определение синто между расширенными наборами признаков слов выражения;
- построение возможных вариантов синтаксически разобранных деревьев;
- оценка вероятности синтаксически разобранных деревьев и выбор наиболее вероятного варианта.

На текущий момент проводится подбор математических методов для определения синто на основе расширенного набора признаков слов и реализации процедур построения синтаксических деревьев и оценки их вероятности.

Выводы

Предложен набор признаков для пар слов анализируемого выражения естественного языка, включающий морфологические признаки рассматриваемой пары слов, их дополнительные признаки (большие буквы и знаки препинания), потенциальные синтаксические отношения, полученные на основе набора морфологических признаков рассматриваемой пары, а также потенциальные исходящие синто от главного и зависимого слова к другим словам выражения.

При использовании выбранного набора параметров вероятность

определения конечного элемента в дереве синтаксического разбора достигает 99,15%, что даёт основу для устранения неоднозначностей при синтаксическом анализе выражений русского языка.

Описан алгоритм синтаксического анализа в соответствии с выбранными наборами параметров. Реализован аппарат по выделению потенциальных синтаксических отношений, определенных в НК, на базе нейронной сети MLP.

Литература

1. Инструменты для обработки естественного языка на Python, <http://nltk.org/team.html>
2. Группа обработки естественного языка, Стенфорд, <http://nlp.stanford.edu/>
3. Система построения зависимостей в тексте «MaltParser» <http://www.maltparser.org/>
4. C.C. Aggarwal and C.X. Zhai (eds.), Mining Text Data, DOI 10.1007/978-1-4614-3223-4_13, Springer Science+Business Media, LLC 2012
5. Edward Loper, Encoding structured output values, A dissertation in Computer and Information Science presented to the University of Pennsylvania for the Degree of Doctor of Philosophy, 2008
6. Группа автоматической обработки текста (AOT) –<http://aot.ru/>
7. Многоцелевой лингвистический процессор Этап-3
<http://www.iitp.ru/ru/science/works/452.htm>
8. Ronan Collobert, Jason Weston, L'eon Bottou, Michael Karlen, Koray Kavukcuoglu and Pavel Kuks, Natural Language Processing (Almost) from Scratch, Journal of Machine Learning Research 12 p.2493-2537, 2011
9. Wong Chun Kit. Recursive Auto-Associative memory as connectionist language processing model. // City University of Hong Kong.-Hong Kong, 2004
10. Marco Kuhlmann, The CKY algorithm part 1, 2;, университет Упсалы Швейцария,
<http://stp.lingfil.uu.se/~kuhlmann/teaching/5LN455/2012-11-19.pdf>,
<http://stp.lingfil.uu.se/~kuhlmann/teaching/5LN455/2012-11-21.pdf>
11. Хомский Н., Миллер Д. Введение в формальный анализ естественных языков: Пер. с англ. М.: Едиториал УРСС, 2003.
12. Lafferty J. A derivation of the inside-outside algorithm from the EM algorithm. Technical report, IBM Research, 1992.
13. Национальный корпус русского языка - <http://ruscorpora.ru/>

Сбоев А.Г.¹, Гудовских Д.В.², Молошников И.А.³, Кукин К.А.⁴, Рыбка Р.Б.⁵, Иванов И. И.⁶, Власов Д.С.⁷

¹ к.ф.-м.н., с.н.с., доцент кафедры АСОУ, sag111@mail.ru

² Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», dvgudovskikh@gmail.com

³ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», ivan-rus@yandex.ru

⁴ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», kostikkykin@mail.ru

⁵ Аспирант, НИЦ «Курчатовский институт», RybkaRB@gmail.com

⁶ Магистр, МИРЭА honala@yandex.ru

⁷ Студент, МИРЭА, vfked0d@gmail.com

Автоматическое выделение психолингвистических характеристик текстов в рамках концепции Big Data

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

BigData, психолингвистические маркеры, эмоциональное состояние, потоковая обработка текстов.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматривается реализация метода автоматического выделения психолингвистических маркеров в текстах естественного языка. Метод реализован на языке Python и интегрирован в модель потоковой обработки данных в платформе IBM InfoSphere Streams. На основе записей сайта blogs.yandex.ru продемонстрирован пример, отражающий разницу эмоциональной напряженности текстов однопользовательских документов.

Введение

Актуальность задачи автоматического выделения психолингвистических характеристик (маркеров) обусловлена интенсивным развитием Интернет технологий, формированием виртуальной среды общения, открывающим широкие возможности для автоматизированного анализа состояния социума и прогнозирования развития этих состояний. В частности в популярных социальных сетях и сервисах таких как Facebook, Vkontakte, Twitter, LinkedIn, Google+ по статистике в месяц наблюдается активность более чем 1,5 миллиардов пользователей.

Непрерывный рост объема информации циркулирующей в открытых источниках требует создания инструмента автоматического извлечения характерных признаков социальной активности общества и построение методов их анализа в режиме реального времени для обработки больших и сверх больших объемов информации. В рамках решения данной задачи представляется весьма перспективным развитие технологий потоковой обработки данных в концепции BigData.

В этой статье будет рассмотрена реализация метода автоматического выделения психолингвистических маркеров в текстах. Метод реализован на языке Python и интегрирован в модель потоковой обработки данных в платформе IBM InfoSphere Streams.

Современные технологии обработки больших объемов потоковых данных в рамках концепции BigData и работы представителей психолингвистического направления позволяют поставить задачу создания систем мониторинга и анализа виртуальной социальной среды, в частности исследования эффективности существующих маркеров и психолингвистических показателей характеризующих её состояние.

Касаясь последних следует отметить работы отечественной школы психолингвистики, большой вклад внесли такие ее представители как Леонтьев А.А., Шаховский В.И., Витт Н.В., Гак В.Г., Носенко Э.Л.. Среди иностранных представителей так же можно отметить вклад в развитии методов анализа текстов таких как Osgood, Walker, Hackman и Gilad Mishne. На основе работ ряда авторов были выделены лингвистические характеристики в текстах отражающие эмоциональное состояние автора (маркеры). В частности Чернов Д.Н. и Игнатов Ю.Ю. в своей статье излагают результаты экспериментального исследования выражения психолингвистических особенностей в количественных характеристиках. В своей работе авторы установили зависимость таких лингвистических показателей как, количество словообразований в тексте и отношение количества прилагательных и глаголов являются корреляторами особенностей психологического состояния личности автора. Подобные исследования дают возможность построения автоматизированных методов оценки эмоциональной окраски текста и так же инструментов проверки различных теорий и гипотез.

Принято выделять следующие типы маркеров:

- Маркеры активности
- Психолингвистические маркеры
- Лексические маркеры
- Семантические маркеры

Маркеры активности – отражает общую активность пользователей в сети (на ресурсе):

1. Количество сообщений или комментариев в день
2. Количество комментирующих пользователей в день

Лексические маркеры – слова, словосочетания и фразы в текстах отражающие эмоциональное состояние автора. Обычно специфические словари заранее подготавливаются экспертами для исследуемых тематических коллекций документов. Одни и те же слова могут иметь разный коэффициент значимости в контексте различных тематических групп текстов. Существует методы автоматического выделения ключевых слов и словосочетаний, основанные на сравнении выборок текстов и

дальнейшем выделении уникальных фраз.

Семантические маркеры – эти маркеры представляют собой частоты семантических значений, наиболее характерных для стрессовых сообщений. Вопрос семантического анализа текстов один из самых сложных в компьютерной лингвистики и на данный момент авторам наиболее реальным кажется его реализация в таблицах сопоставления конкретных слов и словосочетаний с образами эмоциональных всплесков в тексте. Подобные таблицы должны составляться на основе экспертных оценок в из сфер психолингвистики и психологии.

Психолингвистические маркеры – за счет наличия обширных исследований в психолингвистики имеется достаточно большой перечень показателей отражающих психологическое состояние автора при написании текстов различных типов. В данной работе имеются ввиду некоторые из числа способных отражать степень эмоционального напряжения.

Примеры психолингвистических маркеров:

- количество местоимений или существительных, наречий, прилагательных или глаголов;
- количество существительных и глаголов по сравнению с прилагательными и наречиями;
- коэффициент Трейгера (КТ) – отношение количества глаголов к количеству прилагательных в единице текста;
- количество слов в тексте;
- количество предложений;
- средний размер предложений в словах;
- коэффициент опредмеченности действия (КОД) – соотношение количества глаголов к количеству существительных в единице текста.
- количество знаков восклицания в документе

Помимо перечисленных показателей эмоциональной напряженности следует обращать внимание на стилистику построения предложений в тексте:

1. Синтаксическая сложность предложений уменьшается.
2. В тексте резко возрастает отношение числа грамматически незавершенных предложений к общему их числу.
3. Увеличивается количество предложений незаконченных либо в грамматическом отношении, либо в синтаксическом, либо в логическом.

Э.Л. Носенко в своих опытах выделяет снижение словарного разнообразия и более частого употребления шаблонных фраз и клише у испытуемых по сравнению с их текстами, созданными в нормальном состоянии. На основании данных результатов можно рассчитывать коэффициент встречаемости слов в единице текста.

Колебания выраженности соответствующих показателей в тексте отражают отклонение текущего эмоционального состояния автора от нормы. Подобные нормы можно выделить эмпирическим путем из ретроспективной выборки с наложением социально значимых событий. Особенно важными будут показатели маркеров в период проходивших акций протестов и массовых волнений, когда интенсивность обсуждения и эмоциональные окрасы текстов находятся в своих точках экстремума.

Интенсивное появление сообщений с ярко выраженным эмоциональным напряжением можно охарактеризовать как всплеск социального напряжения и готовность пользователей осуществить переход к реальным действиям.

Модуль автоматического выделения психолингвистических маркеров реализованный на платформе IBM InfoSphere Streams

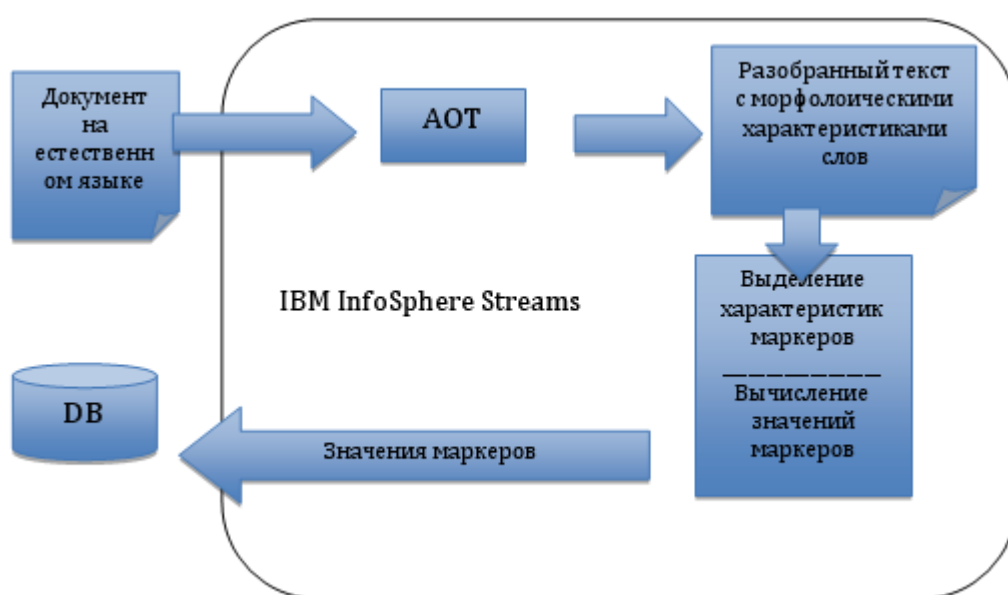


Рис.1. Структурная модель модуля автоматического выделения маркеров

Во время обработки документы проходят основные этапы:

- [1] Первичная обработка документов на естественном языке.
- [2] Морфологический и синтаксический анализ текстов – осуществляется адаптированным модулем АОТ.
- [3] Вычисление значений маркеров и запись их в базу данных. Обрабатывается разобранный блоком АОТ текст с морфологическими признаками слов. На основе частот появления слов с определенными морфологическими признаками вычисляются значения психолингвистических маркеров.
- [4] Сохранение значений в базе данных.

В пример приведем алгоритм подсчета нескольких маркеров.

1. Психолингвистический маркер – Коэффициент Трейгера:

Вычисляется по формуле $M_{Trg} = \frac{|V|}{|A|}$,

где V – множество глаголов в документе, A – множество прилагательных в документе.

Вычисляется на основе обработки файла с синтаксически разобранными предложениями, в котором сформированы морфологические признаки слов. По полученным характеристикам подсчитываются количество глаголов и прилагательных в документе. Далее по величине счетчиков вычисляется значение маркера в документе. По всем документам, обработанным за день, вычисляется суточная величина маркера по формуле:

$$M_{TrgAvg} = \sum_{i=1}^{|D|} M_{Trg}(d_i),$$

где D – множество обработанных документов за день, – документ.

Лексические маркеры – вычисляются для коллекций документов, в их число входят:

- Частота документов со словами, обозначающими негативные или позитивные эмоции.
- Число документов со словами с деструктивной семантикой;
- Количество документов содержащих лексику физического насилия;
- Количество документов содержащих лексику смерти, болезни, физического страдания;

Значение маркеров вычисляется по формуле:

где D_w – количество документов содержащих слова из словаря и W – мн-во слов словаря, D – множество документов определенной коллекции.

Обработанные документы в виде списка лексем обрабатываются на наличие слов из составленных словарей состояния. В случае если лексема входит в словарь – значение маркера увеличивается. После обработки всего списка лексем, значение маркера для данного исходного документа сохраняется в базе данных.

Анализ документов

В качестве примера ниже показана разница в эмоциональной напряженности однотипных документов, представляющих из себя записи из блогов. Записи выбирались из результатов поискового запроса выданных на слово «протест» с сайта blogs.yandex.ru.

Таблица №1.

	1	2	3	4	5
Кол-во слов	314	265	214	437	302
Кол-во предложений	26	14	4	23	15
Кол-во существительных	132	137	64	212	128
Кол-во прилагательных	35	29	13	43	46
Кол-во глаголов	32	23	27	42	28
Кол-во местоимений	26	11	24	29	16
Средний размер предложения	12,08	18,93	53,5	19	20,13

Отношение существительных и глаголов с прилагательными и наречиями	3,16	5,0	2,75	4,06	2,69
КОД	0,17	0,17	0,42	0,15	0,22
КТ	0,66	0,79	2,07	0,74	0,6

В таблице №1 показаны полученные значения маркеров, среди которых можно выделить документ №3. Из числа слов в одном предложении данного документа можно сделать вывод о слабой форматированности текста, что так же говорит о эмоциональной возбужденности автора, в подобном состоянии человек не следит за грамматической правильностью своего текста. Среди психолингвистических маркеров описанных в литературе так же видно явное отличие КОД и КТ от других документов выборки. В литературе говорится о нормальном значении КТ равного 1, явное превышение данного порога в документе №3 указывает на эмоциональное напряжение автора данного текста. На основе полученных результатов автоматического разбора текстов уже можно утверждать о чрезмерной возбужденности автора документа №3 по сравнению с другими, не смотря на тот факт, что исследовалась маленькая выборка.

Выводы

Таким образом в заключении можно сказать, что на платформе IBM InfoSphere Streams в интегрированном модуле реализован алгоритм автоматизированной обработки коллекций документов с возможностью автоматического выделения психолингвистических маркеров на основе синтаксического и морфологического анализа текстов. Данный алгоритм осуществляет частичное выявление социальной напряженности в текстах в режиме реального времени и требует доработки в диагностической части, а так же проработки анализа модулем совместно с различными подходами к выявлению состояния социума.

Большинство экспертов выделяют выбор слов с четкой позитивной или негативной лексикой, как самую яркую отличительную особенность текстов в состоянии эмоционального напряжения. На основе данного утверждения реализованный метод предлагается использовать как вспомогательный к уже существующим алгоритмам выявления эмотивности текстов на основе использования словарей и для улучшением точности ее определения.

Литература

1. Носенко Э.Л. Некоторые особенности грамматического оформления устного высказывания в состоянии эмоциональной напряженности // Вопросы теории романо-германских языков. - Днепропетровск, 1976. - С. 170-180.
2. Д.Н.Чернов, Ю.Ю.Игнатов. Выражение психологических особенностей в количественных показателях речи // Вопросы психолингвистики. – Москва, 2012 – С.134.
3. Самохвалов В.П., «Психиатрия», учебное пособие для студентов медицинских вузов.
4. Барташова О.А., Полякова С.Е., Эмоциональная напряженность как аспект коммуникативной неудачи в политическом дискурсе: Учебное пособие.– СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009.– 40 с.

Гребенюк В.М.

Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА), аспирант
viktor.grebenyuk@gmail.com

О подходе к формированию комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных информационных систем

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационная система, качество, функциональное и нефункциональное тестирование.

АННОТАЦИЯ:

В настоящее время активно разрабатывается большое количество информационных систем дистанционного обучения и систем e-learning. Современные образовательные информационные системы, зачастую, представляют собой распределённые и/или смешанные программно-аппаратные комплексы, являясь частными случаями сложных информационных систем. Ввиду значимости и масштаба таких систем, существует необходимость в формировании комбинированного подхода к обеспечению качества, состоящего из комплекса испытаний, включающего как верификацию корректной реализации функциональных возможностей системы, так и проверок на соответствие предъявляемым нефункциональным требованиям.

1. Введение

Роль тестирования, как одного из методов обеспечения качества, в процессе разработки программного обеспечения и программно-аппаратных систем неуклонно растёт: в некоторых методологиях разработки, таких как Test Driven Development, например, тестирование играет ключевую роль при разработке функциональности системы и основных характеристик, а при использовании методологии Scrum, тестовые сценарии, зачастую, служат основой для написания документации [1].

Между тем, требования рынка ставят перед разработчиками и тестировщиками систем задачу обеспечения необходимого уровня качества в максимально сжатые сроки с использованием минимально возможного количества ресурсов, что, в свою очередь, формирует необходимость в методологическом обеспечении, позволяющем определить минимальный набор необходимых мер по обеспечению качества для каждого обновления системы (релиза) ввиду сути внедряемых изменений, заданных характеристик качества, а также особенностей системы.

2. Актуальность проблемы

Не смотря на то, что существуют стандарты, регламентирующие порядок и типы испытаний программного обеспечения и автоматизированных систем [2, 3, 4], проблема формирования комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных информационных систем всё ещё является актуальной.

Одной из причин является то, что методы, описанные в стандартах, нуждаются в детализации и дополнении в соответствии со спецификой таких систем. Например, стандарт ISO/IEC 90003:2004 “Техника программного обеспечения. Рекомендации по применению ISO 9001:2000 к компьютерному программному обеспечению” [2], содержит следующее пояснение: «В некоторых случаях полная валидация программного продукта путем измерения и мониторинга может оказаться невозможной или неосуществимой. Например, в некоторых случаях программное обеспечение, связанное с безопасностью, невозможно испытать в реальных условиях без риска серьезных последствий или возможно сами условия оказываются случайными и трудными для моделирования. Поэтому все используемые методы должны соизмеряться с рисками и последствиями недостатков проектирования и разработки». Согласно тому же стандарту, верификация сложного продукта также может носить выборочный характер: «Верификация также может распространяться и на приемочные испытания закупленного программного обеспечения, используемого в разработке, однако при этом следует учитывать, что большую часть такого программного обеспечения невозможно верифицировать полностью из-за его широкой функциональности, что позволяет только предполагать степень соответствия».

Стоит также отметить, что существующие стандарты [3] предписывают проведения верификации программного обеспечения на соответствие с требованиям, но известно, что предъявляемые требования не всегда обладают свойством сценарной полноты, то есть могут не позволять разработать полный набор тестов на их основе [5].

3. Предлагаемый подход к формированию комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных информационных систем

Решить задачу формирования комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных систем предлагается на основе принципа сквозного интегрированного управления качеством, заключающегося в особым образом подобранном и спланированном наборе тестов, составляющих основу системы обеспечения качества сложных информационных систем. Другими словами, предлагается построить структуру из оптимально подобранных наборов тестов, предлагаемых для проведения в рамках тестирования каждого отдельно взятого релиза рассматриваемой сложной информационной системы. В результате использования данного метода достигается синергетический эффект и

повышается результативности проводимых мер.

В рамках разработки данного метода, проведена декомпозиция задачи, анализ изменений, внедряемых в течение всего жизненного цикла сложных информационных систем по их типу, анализ существующих методик и практик функционального и нефункционального тестирования, а также сформирована структура мер по обеспечению качества, позволяющая определить рекомендуемые виды тестирования для каждого релиза (обновления) системы.

3.1 Декомпозиция задачи

Задача формирования комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных систем состоит из нескольких подзадач:

1. Выявление видов тестирования, необходимых для того, чтобы определить соответствие системы предъявляемым требованиям и заданным качественным характеристикам;
2. Определение набора тестов для каждого вида тестирования, необходимых для измерения нужных параметров;
3. Приоритезация и планирование активностей по обеспечению качества.

Требования, предъявляемые к качеству сложных информационных систем, разнятся для каждой отдельной системы, однако, существует ряд требований, единых для большинства систем, таких как корректное взаимодействие компонентов системы, заданный уровень производительности и другие, поэтому логично предположить, что существует возможность объединить меры и активности по обеспечению качества, применяемые для различных сложных информационных систем в единый комплекс процедур, рекомендуемый для рассмотрения при формировании системы обеспечения качества сложных систем при внедрении различного рода изменений.

3.2 Анализ изменений, внедряемых в течение всего жизненного цикла сложных информационных систем по их типу

Менеджмент изменений является одним из процессов менеджмента услуг [6] и одним из активно развивающихся направлений управления проектами в информационных технологиях. Не смотря на то, что данное направление не является частью управления качеством продукции, необходимо учитывать типы и характер возможных изменений в разрабатываемой сложной информационной системе при формировании и внедрении системы обеспечения качества.

Проведя анализ исследований в данной области, и обобщив рассматриваемые в литературе изменения, применимые к сложным информационным системам, можно условно выделить несколько типов изменений [7, 8] – см. таблицу 1.

Предполагается, что любое обновление или релиз сложной информационной системы будет содержать одно или несколько типов изменений, перечисленных в Таблице 1. Каждое такое изменение потребует

проведения соответствующего набора активностей по обеспечению качества, включая проверки на соответствие как функциональным, так и нефункциональным требованиям.

Табл. 1. Типы изменений и их примеры

Типы изменений	Примеры изменений
1.Добавление, изменение или удаление компонента системы с воздействием на остальные компоненты системы	а. Внедрение новой подсистемы, требующей интеграции в другими подсистемами. б. Замена существующего интерфейса между подсистемами. в. Утилизация подсистемы, прежде интегрированной с другими подсистемами.
2.Добавление, изменение или удаление компонента сложной системы без воздействия на остальные компоненты системы	а. Замена существующего интерфейса внутри отдельной подсистемы, при условии, что внешние связи данной подсистемы с другими подсистемами не затронуты изменениями. б. Внедрение новой подсистемы, не требующей интеграции с другими подсистемами.
3.Изменение инфраструктуры системы без изменения функциональности	а. Замена сетевого оборудования и линий связи. б. Замена аппаратного обеспечения без изменений функциональности.
4.Пересборка компонентов системы без планируемых изменений	а. Построение копии системы, не требующей интеграции с оригинальной системой. б. Оптимизация кода системы без планируемых функциональных изменений.
5. Изменение данных в системе	а. Изменение отдельных записей в системе. б.Восстановление данных после потери или удаление данных.
6.Изменение в документации системы	а. Уточнение документации и исправление ошибок. б. Описание дополнительных примеров и сценариев использования.

3.3 Анализ существующих методик и практик функционального и нефункционального тестирования

Анализ существующих исследований, требований и рекомендаций, посвященных проблеме формирования комплекса мер и активностей по обеспечению качества [2, 9, 10, 11, 12] позволяет сделать несколько основных выводов:

1. Количество методов и техник обеспечения качества неуклонно растёт;
2. Существующие методологии продолжают совершенствоваться и развиваться;
3. Отсутствует единый подход к терминологии мер по обеспечению качества;

4. Не существует единого подхода к обеспечению качества сложных систем.

Для того, чтобы обобщить виды испытаний, рассматриваемые в литературе, предлагается упорядочить их на категории, а также выделить наиболее крупные виды активностей по обеспечению качества в каждой категории. Данная задача не является тривиальной, ввиду проблемы отсутствия единой терминологии, упомянутой выше: в русской язычной литературе часто встречается различный перевод одних и тех же англоязычных терминов, более того, значение одних и тех же терминов в различной литературе разнится. Предлагаемая классификация видов тестирования основана на общем значении каждого вида тестирования и не является конечной, ввиду выводов №2 и 3 приведённых выше.

Предлагается избегать классификации видов тестирования по времени и месту в жизненном цикле системы, потому, как существующие на данный момент методы разработки и проектирования программного обеспечения и сложных систем сильно разнятся, а значит, попытки классифицировать типы тестирования по определённой фазе проекта приведёт к сужению спектра применения данной классификации в отношении различных методов разработки. Стоит лишь отметить, что намечена тенденция по сдвигу точки начала проведения различного рода испытаний по времени в направлении начала проекта.

Классификация видов испытаний сложных информационных систем по уровню, на который оно нацелено:

1. Испытание элементов, т. е. автономное испытание компонентов (модулей) системы;
2. Комплексные и интеграционные испытания, т. е. испытаний агрегации отдельно взятых компонентов (модулей) системы;
3. Непрерывное испытание всей системы, т.е. проверка правильности работы системы в целом, от начала до конца.

Классификация видов испытаний сложных информационных систем по назначению проводимых тестов:

1. Тестирование новой и/или изменённой функциональности.
2. Регрессионное тестирование.
3. Общие тесты на проверку готовности к работе.
4. Приёмочные испытания.
5. Опытная эксплуатация.
6. Проверка ранее найденных дефектов.
7. Тестирование документации.
8. Эксплоративное (случайное, исследовательское) тестирование.
9. Тестирование референс даты (контрольных данных).

Классификация видов испытаний сложных информационных систем по типу проверяемых требований и/или технических условий (список приведённый ниже является примерным, так как конечный список такого рода испытаний напрямую зависит от требований, предъявляемых к

конкретной системы):

1. Тестирование функциональных требований.
2. Тестирование надёжности и отказоустойчивости.
3. Тестирование производительности.
4. Тестирование эксплуатационных характеристик.
5. Тестирование безопасности.
6. Тестирование масштабируемости.
7. Тестирование совместимости.

3.4 Испытания, рекомендуемые для проведения при внедрении различных типов изменений

На основе существующих практик и рекомендаций [2-4, 11-17], предлагается определить набор испытаний, необходимый для проведения при внедрении каждого типа изменений таким образом, чтобы с помощью полученной матрицы можно было бы определить рекомендуемый набор тестов для каждого обновления системы (релиза), даже имея ограниченное количество информации о нём. Таблица 2 отображает рекомендуемые («Р») и условно рекомендуемые («У») виды испытаний для каждого вида изменений. Предлагается считать испытание условно рекомендуемым, в случаях, если необходимость в проведении данного вида испытаний должна определяться исходя из анализа конкретных внедряемых изменений данного типа.

Табл. 2. Пример формирования наборов испытаний для различных изменений в сложной информационной системе

		Типы изменений					
		Доб-е, изм-е или уд-е комп. системы с возд. на ост. комп. системы	Доб-е, изм-е или уд-е комп. системы без возд. на ост. комп. системы	Изм-е инфрастр. системы без изм-я функц-ти	Пересборка комп. системы без планир. функц. изм-й	Изм-е данных в системе	Изм-е в док. системы
Виды испытаний по уровню, на который они нацелены	Испытание элементов	Р	Р	У		Р	У
	Комплексные и интеграц. испытания	Р	Р	Р	Р	Р	У
	Непрерывное испытание всей системы	Р		Р	Р	Р	У

Виды испытаний по назначению проводимых тестов	Тестирование новой и/или изм-й функц.	P	P	P	P	P	
	Регресс. тестирование (полное или выборочное)	P	P	P	P	P	
	Общие тесты на проверку гот. к работе	P	P	P	P	У	
	Приёмочные испытания	У	У	У	У	У	У
	Опытная эксплуатация	У	У	У	У	У	У
	Проверка дефектов	У	У	У	У	У	У
	Тестирование докум-и	P	P	У	У	У	P
	экспл. тестирование	У	У	У	У	У	У
	Тестирование референс даты	У	У	У	У	P	У
Виды испытаний по типу проверяемых требований (технических условий)	Тестирование функц. требований	P	P	У	У	У	У
	Тестирование надёжности и отказоуст-и	P	P	P	P	У	У
	Тестирование произв.	P	P	P	P	У	У
	Тестирование эксплуатац. хар-к	P	P	P	У	У	У
	Тестирование безопасности	P	P	У	У	У	У
	Тестирование масштаб-и	P	P	У	У	У	У
	Тестирование совмест-и	P	P	P	У	У	У

Предполагается, что при формировании рекомендуемого набора испытаний для конкретной сложной информационной системы согласно предлагаемому методу, секция таблицы, содержащая виды испытаний по типу проверяемых требований (техническим условиям), будет дополнена списком испытаний, соответствующих требованиям (техническим условиям), предъявляемых к данной системе.

Для того, чтобы определить необходимый список испытаний для отдельно взятого релиза или версии системы, предлагается отметить

столбцы, соответствующие типам изменений, внедряемым в данном релизе (версии системы) в таблице, построенной на основе Таблицы 2. Обобщив строки, значения ячеек которых соответствуют выбранным столбцам, можно получить набор рекомендуемых испытаний для конкретного релиза по уровню, на который они нацелены, по назначению проводимых тестов и по типу проверяемых требований.

4. Заключение

Разработанный метод по формированию структуры рекомендуемых испытаний для каждого релиза (обновления) системы может помочь добиться прогнозируемого уровня качества сложных систем, а также может стать удобным инструментом для планирования мер по обеспечению качества, тем самым, повысив их результативность. Предполагается, что данный подход будет особенно актуален для тестирования промежуточных (рабочих) версий системы (т.е. тех версий, которые не будут доступны для использования конечными пользователями), а также при первоначальном анализе большого количества изменений на предмет определения примерного списка испытаний. Стоит отметить, что окончательный список необходимый тестов должен определяться с учётом результатов детального анализа требований, ограничений и других факторов.

Литература

1. Deemer P. et al, The scrum primer. Режим доступа: <http://www.brianidavidson.com/agile/docs/scrumprimer121.pdf>
2. ISO/IEC 90003:2004. Техника программного обеспечения. Рекомендации по применению ISO 9001:2000 к компьютерному программному обеспечению.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
4. ГОСТ Р 51904 – 2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию.
5. Камкин А.С., Тестирование в условиях неполной информации. Подход к разработке спецификаций и генерации тестов, Труды Института системного программирования РАН. Режим доступа: <http://citforum.ru/SE/testing/incinfesting/>
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20000-1-2010 Информационная технология. Менеджмент услуг. Часть 1. Спецификация
7. Change Management: Best Practices, whitepaper, Cisco Systems, 2008. Режим доступа: http://www.cisco.com/en/US/technologies/collateral/tk869/tk769/white_paper_c11-458050.pdf
8. Липаев В.В., Сопровождение и управление конфигурацией сложных программных средств. - М.: СИНТЕГ, 2006. - 372 с.
9. Липаев В.В., Тестирование компонентов и комплексов программ. Учебник. – М.: СИНТЕГ, 2010. – 400 с.
10. Ключёв А.О., Маковецкая Н.А., Проблемы тестирования системного информационного обеспечения распределённых информационно-управляющих систем. Режим доступа: http://www.ict.edu.ru/ft/001795/vestnik10_7.pdf
11. Sahil B. et al, Improving quality using testing strategies, Journal of Global Research in Computer Science, Volume 2 Issue (6), 2011.
12. Липаев В.В. Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств. – М.: СИНТЕГ, 2003. – 520 с.
13. Whyte G., Mulder D.L. Mitigating the Impact of Software Test Constraints on Software Testing Effectiveness, The Electronic Journal Information Systems Evaluation Volume 14 Issue 2, 2011.
14. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000. ИТ. Требования к качеству и тестирование.

15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9646-1-93 Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем. Методология и основы аттестационного тестирования.
16. Xie T., Notkin D., Macro and Micro Perspectives on Strategic Software Quality Assurance in Resource Constrained Environments, Proceedings of the 4th International Workshop on Economics-Driven Software Engineering Research (EDSER 2002), Orlando, Florida.
17. ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем.

Губина Т.Н.¹, Калабин А.М.²

¹ Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина, г.Елец, доцент кафедры вычислительной математики и информатики, gubina-tn@yandex.ru

² Елецкий государственный университет им. И.А.Бунина, г.Елец, студент физико-математического факультета

Программная реализация и введение в эксплуатацию веб-приложения «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Веб-разработка, веб-приложение, программирование, функциональная часть веб-приложения, CSS-код, стандарт.

АННОТАЦИЯ:

В статье обсуждается значимость веб-приложений по сравнению с настольными программами. Сравниваются самые популярные средства разработки серверной части веб-приложения, рассматривается структура и основные принципы ее работы.

Не для кого не секрет, что в последнее время наибольшую популярность среди сайтов получают те, которые обладают динамическими функциями, позволяющими в том числе и находить решения математических задач. До недавнего времени такими функциями обладали только настольные программы, которые требовалось устанавливать на компьютер. Сейчас же, в эпоху широких возможностей и высоких характеристик Интернета, его доступность практически в любой точке мира, пользователей в большей степени интересуют веб-приложения, разрабатываемые с использованием HTML, CSS, JavaScript и предназначенные для автоматизации действий на веб-серверах. Это и корзины интернет-магазинов, социальные сети, электронные кошельки, сайты со специализированными возможностями.

Выделим следующие преимущества веб-приложений по сравнению с настольными программами:

- приложение создаётся один раз для произвольно выбранной платформы, поэтому нет необходимости в разных версиях платформы для разных ОС и специфических серверных операционных систем (кроссплатформенность);
- приложения размещаются на Интернет-серверах, что позволяет моментально их обновлять, вследствие чего пользователю всегда доступна последняя версия приложения;
- приложения не вызывают сбоев на компьютере. Если при работе одного из них возникают ошибки, достаточно закрыть его вкладку в браузере.

Цель работы – изучив средства реализации веб-дизайна, структуру функциональной части веб-приложений, разработать и ввести в эксплуатацию веб-приложение «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений».

Одним из средств реализации веб-дизайна, по мнению П.Макнейла [1], является необходимость использования общих концепций построения дизайна для создания интуитивно понятного интерфейса приложения, среди которых:

- *акцентирование* – подчеркивание особой важности или значимости какого-либо элемента. Для этого необходимо проанализировать содержимое сайта и выяснить, какая иерархия элементов имеет место в его содержимом. Это позволит избежать ловушки в виде так называемой случайной иерархии;
- *контрастирование* – визуальная дифференциация двух или более элементов. Если элементы дизайна будут контрастировать между собой, это придаст визуальное разнообразие сайту и позволит избежать заурядности в его внешнем виде. Контрастирование также позволяет привлекать внимание, обеспечивая акцент на определенных элементах;
- *балансировка* – распределение элементов дизайна и их соотношение с общим распределением визуальной нагрузки в рамках веб-страницы;
- *выравнивание* – упорядочение элементов таким образом, чтобы они максимально близко подступали к естественным линиям (или границам), которые они образуют. Невыровненные элементы имеют тенденцию отбиваться от общей группы и требовать унификации;
- *повторение* – неоднократное использование в дизайне одних и тех же элементов разными способами. Зачастую соблюдение данного принципа оказывается неизбежным, поскольку если дизайн не включает повторяющихся элементов, то это обычно свидетельствует о том, что он лишен унифицированности и связности;
- *обеспечение удобства восприятия*.

При анализе уже запущенных в эксплуатацию систем журнал IEEE Spectrum составил следующую статистику используемых языков программирования на 2012 год [4] (рис.1).

Основываясь на проведенном выше анализе, языком программирования для написания информационно-образовательного портала был выбран PHP, так как он наиболее соответствует экономическим требованиям, требованиям по трудозатратности.

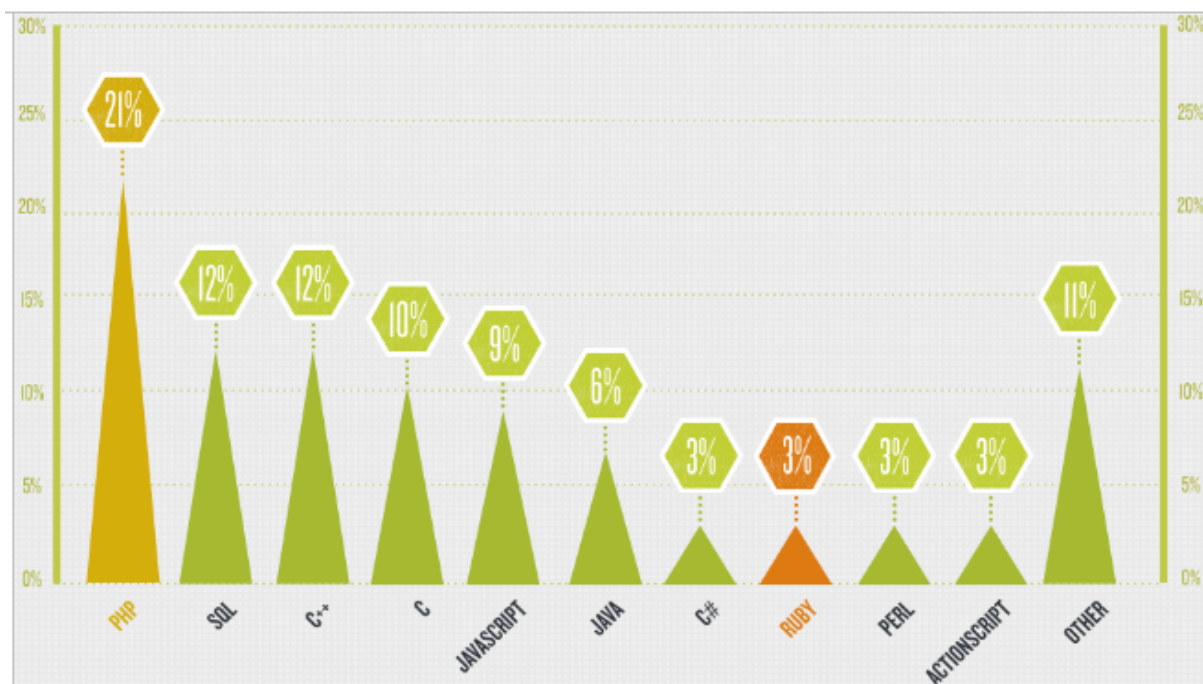


Рис.1. Процентное соотношение используемых языков программирования

Структура функциональной части разработанного веб-приложения «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений» (рис.2) разделена на три составляющих:

•**Заголовок** – содержит название веб-приложения и ссылку на главную страницу.

```
<div class="title">
.....
<h1><a href="/" title="Go to homepage">РЕШЕНИЕ
<span>ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ</span>
УРАВНЕНИЙ</a></h1>
.....
</div>
```

•**Контент.**

```
<div class="content">
```

```
.....
</div>
```

Разделяется на две колонки: левую и правую.

7.Левая представляет собой меню сайта.

```
<div class="column-left">
    <h3>МЕНЮ</h3>
    <ul class="menu">
        .....
    </ul>
</div>
```

8.Правая содержит форму для заполнения данными, а так же место для вывода результатов вычислений.

```
<div class="column-right">
```


.....
<h2>Введите данные:</h2>

.....
<h2>Результаты:</h2>

.....
</div>

•**Подвал** - завершающая структурная единица, содержит ссылку на официальный сайт ЕГУ им. И.А. Бунина.

<div class="box-bottom">

.....
</div>

Рис.2. Общая совокупность элементов дизайна

Приложение состоит из двух веб-страниц:

- Главная страница. Функциональная часть приложения.
- Справка. Содержит краткое руководство пользователя и список допустимых к использованию для вычислений функций.

Вычислительная часть приложения состоит из трех модулей, выполняющих определенный класс действий.

•**Difur.php**

Основной модуль, используемый для распознавания введенного математического выражения и последующего решения дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты. Его основные функции:

6. Функция распознавания введенного выражения и дальнейшего использования при вычислениях.

```
function f($x,$y,$s){
    $s = str_replace('x', $x, $s);
    $s = str_replace('y', $y, $s);
    return eval("return $s;");
}
```

7. Основная вычислительная функция

```
function r($x,$y,$h){
    global $expr;
    $r1=$h*f($x,$y,$expr);
    $r2=$h*f($x+$h/2,$y+$r1/2,$expr);
    $r3=$h*f($x+$h/2,$y+$r2/2,$expr);
    $r4=$h*f($x+$h,$y+$r3,$expr);
    $z=$y+($r1+2*$r2+2*$r3+$r4)/6;
    return $z;
}
```

В связи с тем, что использование при распознавании математических выражений встроенной функции eval() языка PHP может повлечь угрозу безопасности сайта, был ограничен список допустимых к использованию математических функций и введен фильтр на ввод посторонних участков кода:

```
$f1 = array ('abs', 'acos', 'acosh', 'asin', 'asinh',
            'atan', 'atan2', 'atanh', 'cos', 'cosh',
            'exp', 'expm1', 'log', 'log10', 'log1p',
            'pi', 'pow', 'sin', 'sinh', 'sqrt',
            'tan', 'tanh');
$f2 = array ('!01!', '!02!', '!03!', '!04!', '!05!',
            '!06!', '!07!', '!08!', '!09!', '!10!',
            '!11!', '!12!', '!13!', '!14!', '!15!',
            '!16!', '!17!', '!18!', '!19!', '!20!', '!21!', '!22!');
$expr = strtolower($expr);
$expr = str_replace($f1, $f2, $expr);
$expr = preg_replace("/^[^d\+\*\\/\-\.\()!xy ]/", "", $expr);
$expr = str_replace($f2, $f1, $expr);
```

•Graph.php

Модуль построения графиков.

Основная функция вывода линий графика:

```
$pi=$Y0-($RH/$maxy*$DATA["y"][0]);
$px=$RW/$maxx*$DATA["x"][0]+$ML;
for ($i=1;$i<=$count;$i++) {
    $x=$RW/$maxx*$DATA["x"][$i]+$ML;
```

```

$y=$Y0-($RH/$maxy*$DATA["y"][$i]);
imageline($im,$px,$pi,$x,$y,$bar);

$pi=$y;
$px=$x;
}

```

•Approx.php

Модуль построения приближающей функции методом наименьших квадратов и вычисления суммы квадратов отклонений значений функции от заданных.

Главная вычислительная часть модуля:

```

$S1=$S1+$APR['x'][$i];
$S2=$S2+$APR['y'][$i];
$S3=$S3+$APR['x'][$i]*$APR['y'][$i];
$S4=$S4+pow($APR['x'][$i],2);
$D=$n*$S4-pow($S1,2);
$A=($n*$S3-$S1*$S2)/$D;
$B=($S4*$S2-$S1*$S3)/$D;
for($i=0;$i<$n;$i++){
    $APR['y'][$i]=$A*$APR['x'][$i]+$B;
    if($_POST['fun']=='rad2' OR $_POST['fun']=='rad3'){
        $APR['y'][$i]=exp($APR['x'][$i]);
    }
    $S=$S+pow($DATA['y'][$i]-$APR['y'][$i],2);
}

```

HTML-код и CSS-код веб-приложения были проверены валидатором W3C [2, 3] на соответствие стандартам (рис.3).

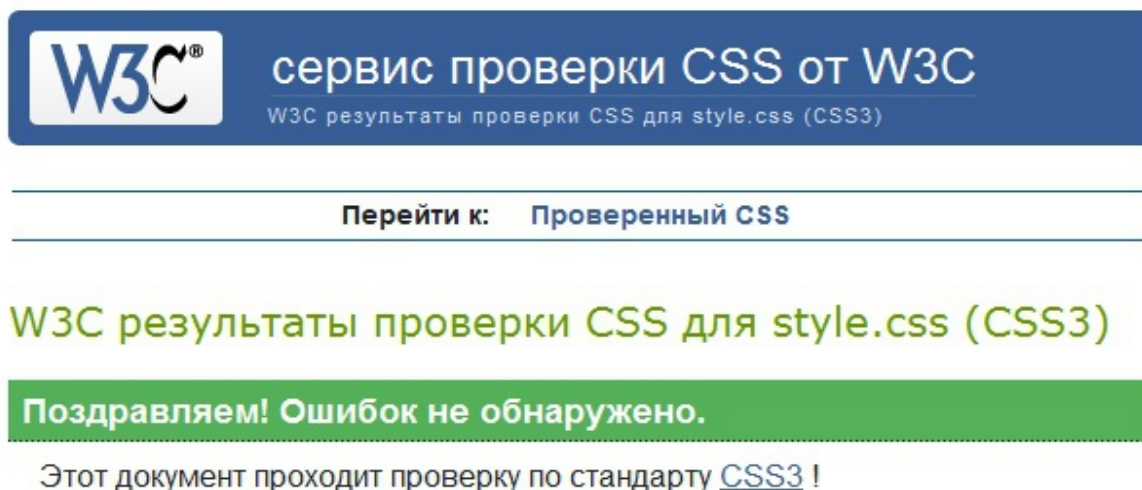


Рис.3. Результат проверки CSS-кода на соответствие стандартам

Благодаря принципу отделения функционала от представления, а также модульной структуре, приложение может расширяться для решения любого класса задач путем написания дополнительных модулей для каждого конкретного спектра проблем, кроме того, каждый новый модуль

может использовать возможности уже существующих, что в целом образует хорошую базу для дальнейшего развития приложения.

Литература

1. Макнейл П. Веб-дизайн. Идеи, секреты, советы. – П.: «Питер», 2011. – 272с.
2. W3C Markup Validation Service. URL: <http://validator.w3.org/>.
3. W3C CSS Validation Service/. URL <http://jigsaw.w3.org/css-validator/>.
4. Ritchie S. King «The Top 10 Programming Languages» // IEEE Spectrum. – 2011. URL: <http://spectrum.ieee.org/at-work/tech-careers/the-top-10-programming-languages>.

**СЕКЦИЯ 5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И
КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ**

Афанасьевский Л.Б.¹, Горин А.Н.², Онуфриенко В.В.³, Фадин А.Г.⁴

¹ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), доцент, afleonid@yandex.ru

² ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), ст. преподаватель, algorin.algoral@mail.ru

³ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), начальник кафедры

⁴ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), профессор кафедры

Методика аналитического и имитационного моделирования дискретных однородных марковских цепей с использованием MathCAD

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Марковская цепь, имитационное моделирование, MathCad.

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрено применение пакета прикладных программ MathCAD для расчета параметров дискретной марковской цепи. Рассчитывается количество реализаций имитационной модели для получения значений требуемой точности. Приводится программа имитационного моделирования в MathCAD. Сравниваются результаты аналитического и имитационного моделирования. Выполняется оценка погрешности полученных результатов.

Дискретные цепи Маркова широко используются для описания систем, процесс смены состояний которых по своей сути являются дискретным. Это может быть, например изменение доли боеспособных единиц танковой группировки после каждого из серии артиллерийских ударов со стороны противника, изменение доли исправных машин таксопарка после каждого дня (недели, месяца и т. д.) работы на протяжении определенного интервала времени, выход из строя элементов некоторой технической системы, и т.д.

При исследовании систем, характеризуемых некоторым конечным набором дискретных состояний $S_1, S_2, \dots, S_i, S_j, \dots, S_n$, смена которых происходит мгновенно в строго определенные заранее известные моменты времени $1, 2, \dots, k, \dots, K$, т.е. представляет собой *марковский случайный процесс*, предполагается, что известны вероятности перехода P_{ij} системы S за один шаг из состояния S_i в состояние S_j , не изменяющиеся от шага к шагу (так как цепь однородная). Вероятности P_{ij} заданы в виде матрицы переходных вероятностей:

$$[P_{ij}] = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix},$$

где $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1$ для всех i ; $P_{ij} = \text{const.}$

Пакет прикладных программ *Mathcad* представляет ряд возможностей, которые позволяют сравнить результаты аналитических расчетов марковских моделей и их имитационного моделирования на предмет точности и достоверности.

Характеристиками таких систем являются *вероятности* пребывания их в каждом из возможных состояний (*вероятности состояний*) в процессе функционирования.

Рассмотрим аналитическую модель для *однородной* марковской цепи, в которой вероятностные характеристики смены состояний системы, постоянны во времени. Моделирование возможно как для эргодической (возможен переход из любого состояния в любое другое состояние за конечное число шагов), так и для поглощающей цепей (есть тупиковое состояние).

В эргодических системах вероятности всех состояний с ростом числа шагов стремятся к определенным значениям, отличным от единицы. В поглощающих системах вероятность одного из состояний стремится к единице, а вероятности остальных состояний стремятся к нулю. В частности, поглощающими свойствами обладают системы, в которых не происходит восстановления или замены вышедших из строя элементов.

В зависимости от задачи исследования одна и та же система может характеризоваться разным количеством состояний. Например, для группы из четырех машин таксопарка в качестве состояний могут быть приняты количество выхода из строя машин после определенных периодов эксплуатации:

- S_1 – все машины работоспособны;
- S_2 – вышла из строя 1 машина;
- S_3 – вышли из строя 2 машины;
- S_4 – вышли из строя 3 машины.

Основываясь на аналитической модели, проведем исследование функционирования однородной марковской системы с $n=4$ дискретными состояниями и дискретным временем, в которой смена состояний происходит достаточно быстро через одинаковые промежутки времени. Их работоспособность восстанавливается водителями или механиками. В случае невозможности восстановления отдельной машины, происходит пополнение таксопарка за счет новых или восстановленных средств.

Так как в каждый момент времени система может находиться только в одном состоянии, то переход системы из одного состояния в другое

осуществляется за один шаг (очередной выход из строя машины или поступление восстановленной), то есть каждый переход отождествляется с шагом процесса. Данная цепь является эргодической, так как в ней из любого состояния можно попасть в любое другое состояние за конечное число шагов. Для эргодической цепи существуют асимптотические (стационарные) значения вероятностей, которые не зависят от времени и начального состояния системы.

Для решения поставленной задачи вводятся исходные данные. Это количество состояний, требуемые точность и достоверность результатов и матрица вероятностей перехода. На рисунке 1 представлен порядок ввода исходных данных в систему Mathcad. Исходные данные взяты произвольно.

Число состояний

$n := 4$

Достоверность

$tx := 2.58$

Точность

$\varepsilon := 0.01$

Матрица переходных вероятностей

$$P_{per} := \begin{pmatrix} 0.1 & 0.3 & 0.6 & 0.0 \\ 0.0 & 0.2 & 0.7 & 0.1 \\ 0.1 & 0.4 & 0.3 & 0.2 \\ 0.3 & 0.0 & 0.3 & 0.4 \end{pmatrix}$$

программа формирования матрицы коэффициентов системы линейных уравнений

$M :=$

```

for i ∈ 0..n - 2
  for j ∈ 0..n - 1
    ci,j ← Pper,j,i
for i ∈ 0..n - 2
  ci,i ← ci,i - 1
for j ∈ 0..n - 1
  cn-1,j ← 1
c

```

$$M = \begin{pmatrix} -0.9 & 0 & 0.1 & 0.3 \\ 0.3 & -0.8 & 0.4 & 0 \\ 0.6 & 0.7 & -0.7 & 0.3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$v := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ **Вектор свободных членов**

Рисунок 1 – Подготовка исходных данных

Для данной системы граф смены состояний представлен на рисунке 2.

Для решения систем линейных алгебраических уравнений вида $MX=B$ в *Mathcad* используется стандартная функция $lsolve(M,B)$, которая возвращает вектор неизвестных X .

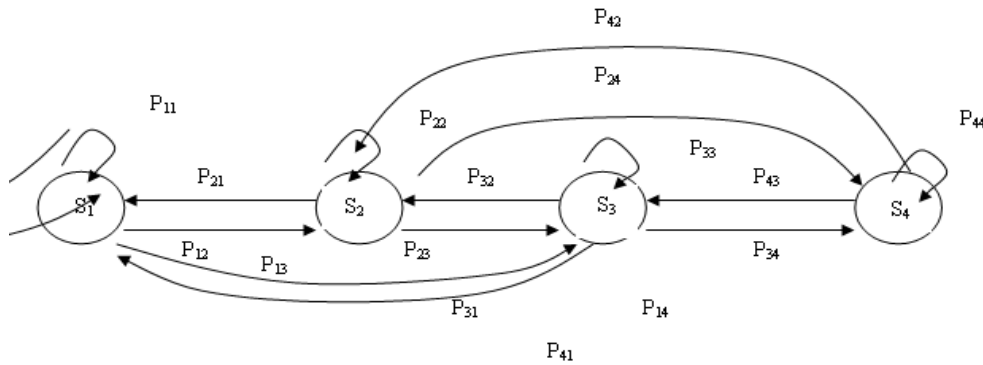


Рисунок 2 – Граф смены состояний системы

Вероятность нахождения системы в каждом j -ом состоянии на k -ом шаге (через k интервалов времени, определяющих моменты изменения состояний) определяется по рекуррентной формуле

$$P_j(k) = \sum_{i=1}^n P_i(k-1) \cdot P_{perij}, \quad k = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Для стационарного состояния $P_j(k) = P_j(k-1)$, $j = 1, 2, \dots, n$. Тогда уравнение (1) можно переписать в виде

$$P_j = \sum_{i=1}^n P_i \cdot P_{perij}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

или

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n P_i \cdot P_{perij} + P_j \cdot (P_{perjj} - 1) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Система уравнений (3) с нулевыми свободными членами имеет бесконечное множество решений. Для получения единственного решения заменим последнее уравнение соотношением

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1.$$

Тогда можем записать

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n P_i \cdot P_{perij} + P_j \cdot (P_{perjj} - 1) &= 0, \quad j = 1, 2, \dots, n-1, \\ \sum_{i=1}^n P_i &= 1. \end{aligned} \right\}.$$

На рисунке 3 представлена программа решения поставленной задачи.

Мы находим максимальную вероятность из вектора стационарных вероятностей и используем ее для расчета числа реализаций имитационной модели, программа которой и результаты моделирования представлены на рисунке 4.

Имитация состояний S_i в данной программе выполнена путем последовательной реализации процедуры определения исхода испытаний

по жребию в соответствии с заданными значениями переходных вероятностей.

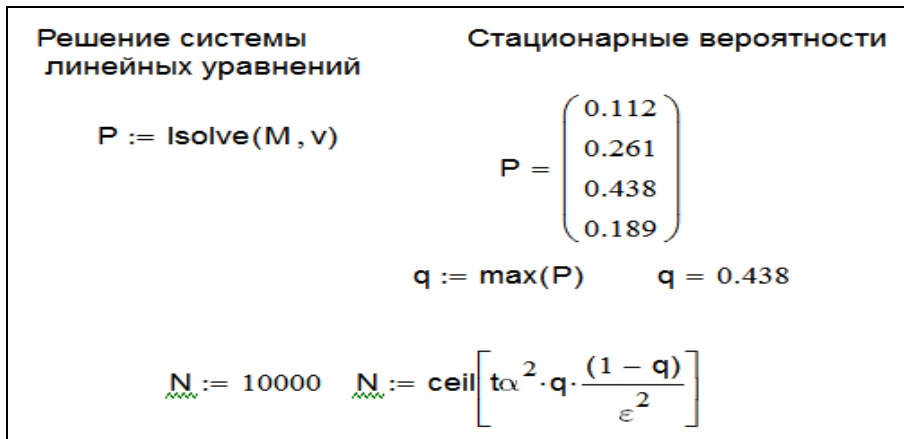


Рисунок 3. Нахождение стационарных вероятностей

Так как начальным состоянием системы является состояние S_1 , то для определения следующего состояния интервал $[0, 1]$ разбивается на n отрезков, соответствующих значениям переходных вероятностей P_{1i} ($i = 1, 2, \dots, n$) первой строки матрицы вероятностных интервалов MVI (рисунок 4). При этом правые граничные значения этих отрезков l_{1k} определяются согласно выражению

$$l_{1k} = \sum_{i=1}^k P_{1i}.$$

Далее производится обращение к датчику случайных чисел (ДСЧ) $\gamma \sim \text{Rav}[0, 1]$ для получения случайного значения x_i , которое сравнивается с граничными значениями l_{1k} отрезков на интервале $[0, 1]$, соответствующими переходным вероятностям P_{1k} первой строки матрицы. Если значение x_i первой реализации случайной величины $\gamma \sim \text{Rav}[0, 1]$ попадает в некоторый m -й отрезок интервала $[0, 1]$ и, следовательно, удовлетворяет условию

$$l_{1m-1} < x_i \leq l_{1m},$$

то очередным за S_1 состоянием системы S будет считаться состояние S_m . Этот факт перехода и пребывания в состоянии S_m фиксируется на модели.

Имитация следующего за S_m состояния системы производится аналогично. Для этого интервал $[0, 1]$ разбивается на n отрезков, соответствующих значениям переходных вероятностей P_{mi} ($i = 1, 2, \dots, n$) m -й строки матрицы MVI. Граничные значения этих отрезков l_{mk} определяются согласно следующему выражению

$$l_{mk} = \sum_{i=1}^k P_{mi}.$$

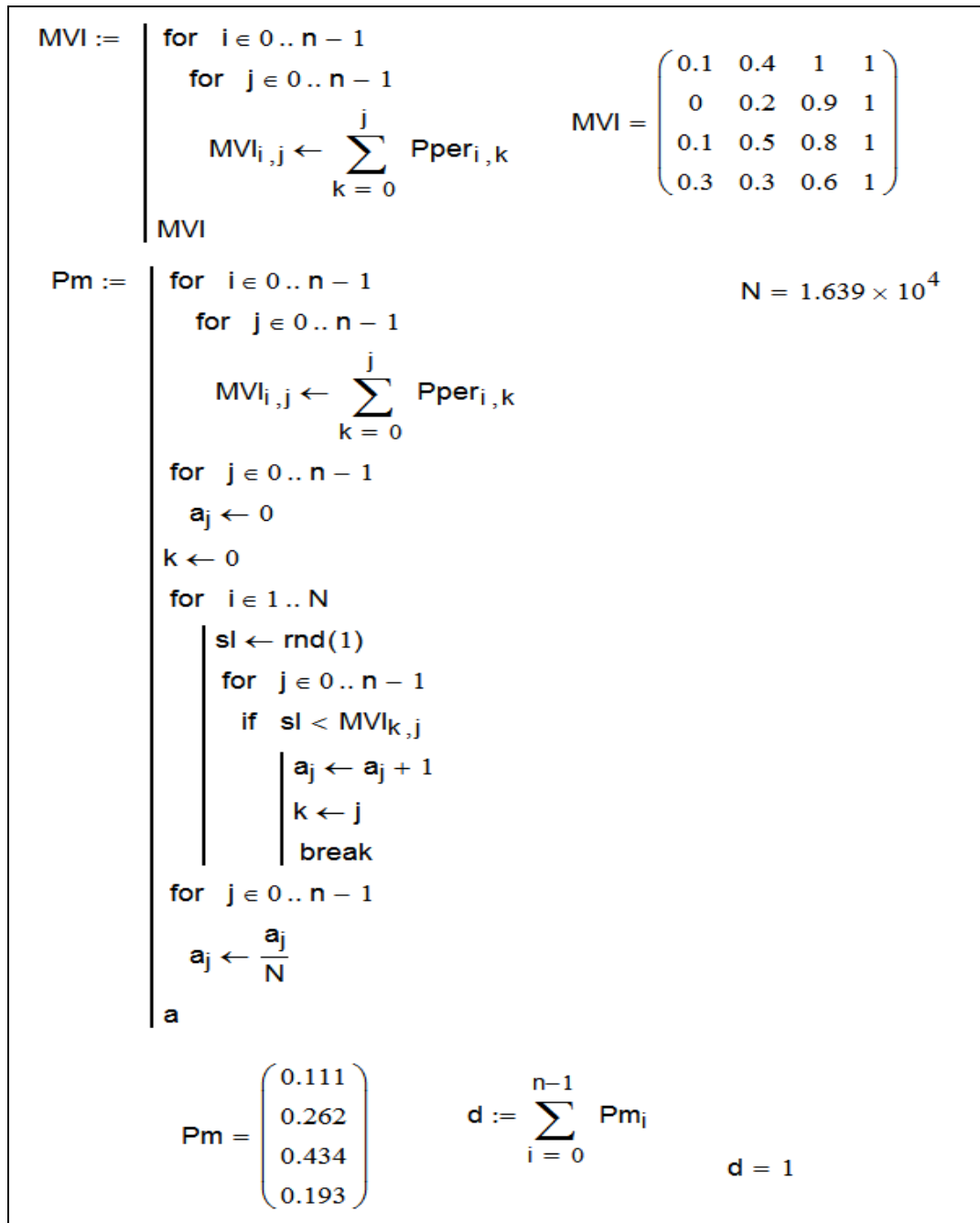


Рисунок 4. Имитационная модель поиска стационарных вероятностей

Вновь производится обращение к ДСЧ $\gamma \sim \text{Rav}[0, 1]$ для получения следующего x_{i+1} случайного значения, которое сравнивается с граничными значениями l_{mk} . Если значение x_{i+1} следующей реализации случайной величины γ попадает в некоторый n -й отрезок интервала $[0, 1]$ и, следовательно, удовлетворяет условию

$$l_{mn-1} < x_{i+1} \leq l_{mn},$$

то очередным за S_m состоянием системы S после второго испытания будет состояние S_n .

Продолжая испытания аналогичным образом, при каждой новой реализации определяются очередные состояния системы S_i и

распределения вероятностей для выбора последующих состояний.

Проведя достаточно большое число испытаний (N) и подсчитав суммарное число m_i переходов системы в каждое состояние S_i , искомые вероятности можно определить по формуле

$$P_i = \frac{m_i}{N}.$$

Оценка достаточного числа испытаний N определяется по формуле

$$N = t_\alpha^2 \frac{P_3(1 - P_3)}{\varepsilon},$$

где значение параметра t_α равно 2,58 (для $\alpha = 0,99$); $\varepsilon = 0,01$;

t_α – параметр функции Лапласа, это значение выбирается из таблицы нормального распределения.

В [2] говорится, что при достаточно большом значении N и не слишком малых вероятностях P_i и $(1-P_i)$ вероятности нахождения системы в каждом состоянии в дискретной марковской цепи подчиняются биномиальному распределению, которое достаточно хорошо аппроксимируется нормальным распределением.

Сравнение результатов аналитического моделирования (вектор вероятностей P на рисунке 3) с результатами имитационного моделирования (вектор вероятностей P_m на рисунке 4), говорит о том, что при рассчитанном количестве реализаций имитационной модели $N=16390$ с вероятностью 0,99, получена оценка стационарных вероятностей с точностью $\varepsilon=0.01$.

Т.е. значения вероятностей состояний, полученные в результате имитационного моделирования и методом аналитического расчета, с точностью до второго знака после запятой не отличаются. Это свидетельствует об адекватности двух видов моделей.

Литература

1. Абрамов П. Б., Афанасьевский Л. Б., Горин А. Н., Фадин А. Г. Основы компьютерного проектирования и моделирования РЭС. – Воронеж: ВИРЭ, 2002.
2. Фадин А.Г. Моделирование радиоэлектронных систем на ЭВМ. – Воронеж: ВИРЭ, 2000.

Гудкова И.А.¹, Острикова Д.Ю.²

¹ Российский университет дружбы народов, доцент кафедры систем телекоммуникаций,
igudkova@sci.pfu.edu.ru

² Российский университет дружбы народов, аспирант кафедры систем телекоммуникаций, d.ostrikova@gmail.com

Анализ среднего времени недоступности услуги пользователю сети LTE с ненадежной базовой станцией

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Время доступа, услуга, пользователь, сеть LTE, отказоустойчивость сети, рекуррентный алгоритм.

АННОТАЦИЯ:

В сетях сотовой подвижной связи третьего и четвертого поколений UMTS и LTE увеличение требований к качеству предоставляемых услуг привело к необходимости повышения отказоустойчивости сетей, поскольку сбои различных узлов сети приводят к потерям и ухудшению качества важных для абонента данных.

В данной статье авторами построена и проанализирована модель сети LTE с выходящей из строя (ненадежной) базовой станцией (БС), получен рекуррентный алгоритм расчета распределения вероятностей состояний модели и проведен анализ одной из характеристик системы – среднего времени недоступности услуги пользователю.

Введение

В настоящее время активное развитие получили сотовые сети четвертого поколения LTE. Они предоставляют широкий перечень мультимедийных услуг и поддерживают высокие скорости передачи данных, что соответствует постоянно возрастающим запросам абонентов. Однако, помимо вышеперечисленных качеств, сотовые сети LTE должны быть надежными и отказоустойчивыми, поскольку выход из строя различных узлов сети нарушает ее производительность и является причиной потери важных для абонента данных, что является неприемлемым.

Под отказоустойчивостью понимается способность сети нормально функционировать даже во время атак и сбоев. Во время отказа в работе какого-либо из узлов сеть, как правило, функционирует в режиме пониженной безопасности и предоставляет пользователям только основные услуги, при этом она обязана в короткий срок обеспечить предоставление полного спектра услуг.

Для того чтобы решить проблему выхода из строя различных узлов, а

также улучшить отказоустойчивость сети, применяются различные методы. Так в более ранних стандартах сотовой связи при возникновении сбоя одного из транзитных узлов операторы сотовой связи были вынуждены направить трафик по резервным узлам, что требовало дополнительных финансовых затрат, и поэтому было крайне невыгодно. В сетях LTE были предложены новые модели, позволяющие решить проблему сбоя различных узлов сети с гораздо меньшими финансовыми затратами для операторов. В частности, авторами [1] предложена схема восстановления нормальной работы сети после сбоя одного из узлов путем разделения ширины полосы пропускания канала между несколькими операторами, что значительно уменьшает их общие затраты на резервные ресурсы сети.

В данной статье авторами рассматривается случай выхода из строя БС соты сети LTE. Для этого случая с использованием аппарата теории массового обслуживания и математической теории телетрафика [2] построена математическая модель соты сети LTE с ненадежной БС [3]. Модель с ненадежным прибором ранее подробно рассматривалась Г.П. Климовым [4]. Необходимо отметить, что подобные модели применяются также, например, для описания функционирования сервера присутствия в сети NGN [5].

Система массового обслуживания с ненадежными приборами

Рассматривается сота сети LTE, в которой поток поступающих запросов пользователей на получение услуги обслуживается одной БС. Предполагается, что БС может выходить из строя во время обслуживания запроса, и имеет N каналов для обслуживания. Если есть свободный канал, то БС резервирует его для обслуживания запроса и присваивает его абоненту. Если же все каналы заняты, то этот запрос ожидает обслуживания в очереди, число мест в которой неограниченно. Этот случай относится также к ситуации, когда пользователь после отказа БС начинает повторно инициировать соединение, чтобы зарезервировать канал, и становится в очередь. Поскольку отказ БС означает, что никакой канал не сможет обслужить запрос.

Входящий поток запросов пользователей о получении услуг на БС соты является пуассоновским с интенсивностью λ . Запросы пользователей о получении услуг обслуживаются БС экспоненциально с интенсивностью μ , и их количество в соте может быть неограниченным. Отказы БС происходят экспоненциально с интенсивностью f . Предполагается, что после любого отказа, БС восстанавливается экспоненциально в течение некоторого случайного промежутка времени с интенсивностью r , и никакой пользователь в очереди не отказывается от услуги [3].

Пусть n число пользователей, запросы которых на получение услуги находятся в очереди, а m число пользователей, запросы которых обслуживаются БС. Функционирование рассматриваемой системы описывает марковский случайный процесс (СП) над пространством

состояний $X = \{(0,0)\} \cup \{(n,m) : n = 1, 2, \dots, m = 0, \dots, N\}$. Его граф интенсивностей переходов показан на рис.2.

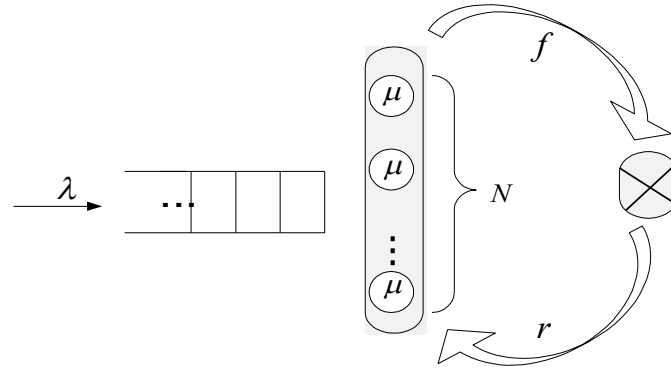


Рис. 1. Схема математической модели сотовой сети LTE

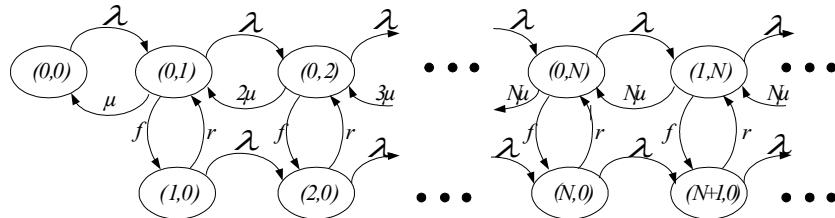


Рис. 2. Граф интенсивностей переходов

Пусть $p(n,m)$ вероятность того, что в некоторый момент времени система находится в состоянии (n,m) . Тогда соответствующая система уравнений равновесия имеет вид:

$$\begin{aligned} \lambda p(0,0) &= \mu p(0,1); \\ (\lambda + f + n\mu)p(0,n) &= \\ &= \lambda p(0,n-1) + (n+1)\mu p(0,n+1) + rp(n,0), n = 1 \dots N-1; \\ (\lambda + f + N\mu)p(0,N) &= \\ &= \lambda p(0,N-1) + N\mu p(1,N) + rp(N,0); \\ (\lambda + f + N\mu)p(n,N) &= \\ &= \lambda p(n-1,N) + N\mu p(n+1,N) + rp(n+N,0), n = 1, 2, \dots; \\ (r + \lambda)p(1,0) &= fp(0,1); \\ (r + \lambda)p(n,0) &= fp(0,n) + \lambda p(n-1,0), n = 2 \dots N; \\ (r + \lambda)p(n+N,0) &= fp(n,N) + \lambda p((n-1)+N,0), n = 1, 2, \dots \end{aligned}$$

Основными вероятностно-временными характеристиками (BBX) рассматриваемой модели являются среднее число пользователей N_q , которым недоступна услуга, и среднее время W недоступности услуги:

$$N_q = \sum_{n=1}^N np(n,0) + \sum_{n=1}^{\infty} np(n,N) + \sum_{n=1}^{\infty} (n+N)p(n+N,0);$$

$$W = \frac{N_q}{\lambda}.$$

Рекуррентный алгоритм расчета распределения вероятностей
Описывающий функционирование системы СП необратим, что

проверяется, например, по критерию Колмогорова. Необратимость СП приводит к тому, что стационарное распределение вероятностей не может быть получено в явном виде. Значительно сократить сложность вычисления ВВХ модели позволяет известный подход, основанный на получении рекуррентных зависимостей между ненормированными вероятностями, которые вычисляются по следующим формулам:

$$q(0,0)=1;$$

$$q(1,0)=x;$$

$$q(n,m)=\alpha_{m,n}x+\beta_{m,n}, (n,m)\in X\setminus\{(0,0),(1,0)\},$$

где величина x рассчитывается по формуле:

$$x=\frac{\lambda f}{\mu(\lambda+r)}.$$

Величины $\alpha_{m,n}$ можно вычислить по формулам:

$$\alpha_{0,0}=0;$$

$$\alpha_{1,0}=1;$$

$$\alpha_{0,1}=0;$$

$$\alpha_{0,n}=\left(\frac{\lambda+f}{n\mu}+\frac{n-1}{n}\right)\alpha_{0,n-1}-\frac{\lambda}{n\mu}\alpha_{0,n-2}-\frac{r}{n\mu}\alpha_{n-1,0}, n=2\dots N;$$

$$\alpha_{n,N}=\left(\frac{\lambda+f}{N\mu}+1\right)\alpha_{n-1,N}-\frac{\lambda}{N\mu}\alpha_{n-2,N}-\frac{r}{N\mu}\alpha_{n-1+N,0}, n=2,3,\dots;$$

$$\alpha_{1,N}=\left(\frac{\lambda+f}{N\mu}+1\right)\alpha_{0,N}-\frac{\lambda}{N\mu}\alpha_{0,N-1}-\frac{r}{N\mu}\alpha_{N,0};$$

$$\alpha_{n,0}=\frac{f}{(r+\lambda)}\alpha_{0,n}+\frac{\lambda}{(r+\lambda)}\alpha_{n-1,0}, n=2\dots N;$$

$$\alpha_{n+N,0}=\frac{f}{(r+\lambda)}\alpha_{n,N}+\frac{\lambda}{(r+\lambda)}\alpha_{n-1+N,0}, n=1,2,\dots.$$

Величины $\beta_{m,n}$ можно вычислить по формулам:

$$\beta_{0,0}=1;$$

$$\beta_{1,0}=0;$$

$$\beta_{0,1}=\frac{\lambda}{\mu};$$

$$\beta_{0,n}=\left(\frac{\lambda+f}{n\mu}+\frac{n-1}{n}\right)\beta_{0,n-1}-\frac{\lambda}{n\mu}\beta_{0,n-2}-\frac{r}{n\mu}\beta_{n-1,0}, n=2\dots N;$$

$$\beta_{n,N}=\left(\frac{\lambda+f}{N\mu}+1\right)\beta_{n-1,N}-\frac{\lambda}{N\mu}\beta_{n-2,N}-\frac{r}{N\mu}\beta_{n-1+N,0}, n=2,3,\dots;$$

$$\beta_{1,N}=\left(\frac{\lambda+f}{N\mu}+1\right)\beta_{0,N}-\frac{\lambda}{N\mu}\beta_{0,N-1}-\frac{r}{N\mu}\beta_{N,0};$$

$$\beta_{n,0}=\frac{f}{(r+\lambda)}\beta_{0,n}+\frac{\lambda}{(r+\lambda)}\beta_{n-1,0}, n=2\dots N;$$

$$\beta_{n+N,0}=\frac{f}{(r+\lambda)}\beta_{n,N}+\frac{\lambda}{(r+\lambda)}\beta_{n-1+N,0}, n=1,2,\dots.$$

Получив ненормированные вероятности, можно рассчитать

нормирующую константу $G = \sum_{(m,n) \in X} q(m,n)$, а затем найти стационарное распределение вероятностей $p(m,n) = q(m,n) / G$.

Поведение среднего времени W недоступности услуги пользователю при передаче голоса и данных в зависимости от суммарной интенсивности предложенной нагрузки при $N=100$, $\mu=1/15 \text{ с}^{-1}$ для данных, $\mu=1/180 \text{ с}^{-1}$ для голоса, $\rho = \lambda / \mu \text{ О}(0,200) \text{ Эрл}$, $f=0,1; 0,01; 0,001$ и $r=0,9$ представлено на рис. 3 и 4.

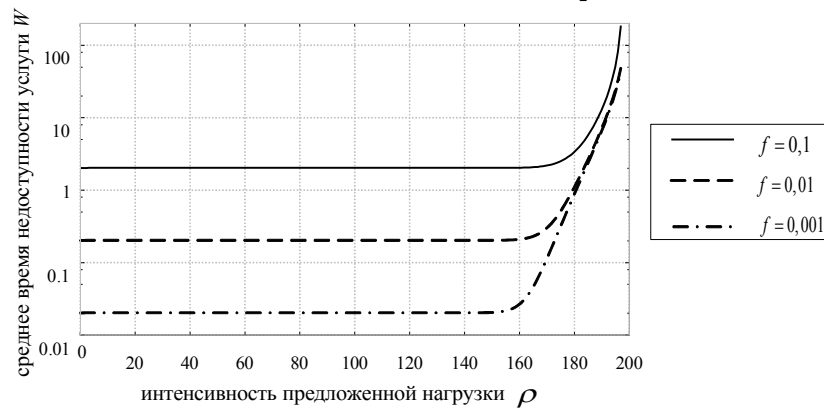


Рис. 3. Среднее время недоступности услуги при передаче голоса

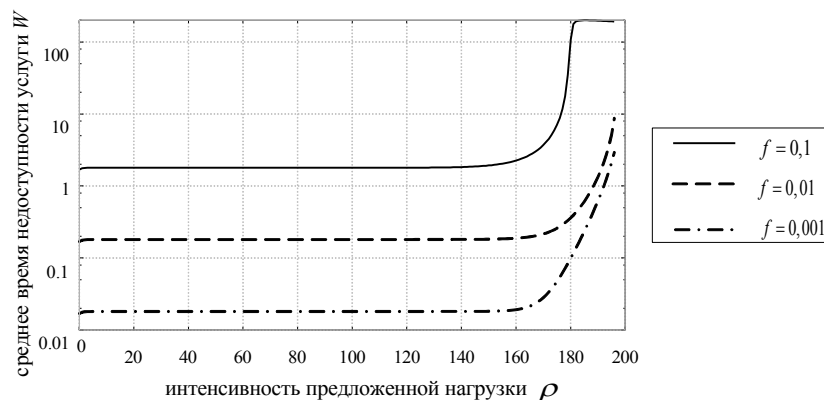


Рис. 4. Среднее время недоступности услуги при передаче данных

Заключение

Таким образом, построена и проанализирована модель соты сети LTE с ненадежной базовой станцией. Для этой модели представлен рекуррентный алгоритм расчета распределения ненормированных вероятностей состояний. В дальнейшем планируется провести анализ функции распределения времени недоступности услуги в соте сети LTE с ненадежной БС.

Литература

1. Venmani D., Gourhant Y., and Zeghlache D. ROFL: Restoration of failures through link-bandwidth sharing // Proc. of the IEEE Global Communications Conference GLOBECOM-2012 Workshops (December 3–7, 2012, Anaheim, USA). – IEEE. – 2012. – P. 30–35.
2. Башарин Г.П. Лекции по математической теории телетрафика: Учеб. пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: РУДН, 2009. – 342 с.
3. Monemian M., Khadivi P., and Palhang M. Analytical model of failure in LTE networks // Proc. of the 9th Malaysia International Conference on Communications MICC-2009 (December 15–17,

- 2009, Kuala Lumpur, Malaysia). – IEEE. – 2009. – P. 821–825.
4. Климов Г.П. Стохастические системы обслуживания. – М.: Наука, 1966. – 244 с.
 5. Нсангу М.М., Самуйлов К.Е., Сопин Э.С. Модель функционирования сервера присутствия в сети NGN // T-Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2010. – № 7. – С. 116–118.

Ермаков Е.Ю.

МГТУ им Н.Э.Баумана, аспирант, JK.Ermakov@gmail.com

***Математическая модель времени выполнения запроса
в параллельном колоночном хранилище данных и пример
ее использования***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Параллельные колоночные хранилища данных, преобразование
Лапласа-Стилтьеса, скрытое соединение.*

АННОТАЦИЯ:

В статье проанализированы существующие методы выполнения запросов в параллельном колоночном хранилище данных, в том числе специфичный для колоночных хранилищ план запроса со «скрытым соединением». Выполнено сравнение среднего времени выполнения запроса со скрытым соединением и соединением вложенными циклами (NLJ).

Введение

Являясь одними из наиболее значимых элементов ИТ-инфраструктуры предприятия, базы данных консолидируют информацию, необходимую для создания достоверных аналитических и управленческих отчетов. Они являются одними из крупнейших источников информации для современных аналитиков и, по оценке Gartner [1], в ближайшей перспективе останутся ключевым компонентом ИТ-инфраструктуры предприятий.

При оценке характеристик производительности на этапе проектирования базы данных необходимо учитывать особенности предметной области. Результаты исследований [2] показывают, что при расчете времени реакции информационной системы необходимо учитывать параметры приложений: алгоритмы, запросы к базе данных и т.д. Время обработки этих запросов достаточно велико и его доля в общем времени выполнения прикладных программ превышает 90%.

Методы анализа временных характеристик для параллельных строчных баз данных (Oracle, MS SQL Server и т.д.), учитывающих специфику запросов к базе данных уже разработаны и представлены в работах [2-6]. Но в настоящее время внедряются новые системы управления базами данных с иной организацией хранения данных, которые получили название параллельных колоночных баз данных [7-9]. Их первые внедрения при разработке больших баз данных, используемых при поддержке принятия решения, в частности в аналитических расчетах, свидетельствуют о почти 200-кратном сокращении объема ввода вывода по сравнению с

аналогичными строчными базами данных и значительном снижении времени выполнения запросов [8]. Это достигается за счёт того, что из базы данных читаются только те атрибуты (столбцы), которые участвуют в запросе, а также применяются эффективные методы сжатия столбцов [10].

Однако проектирование систем на основе колоночных систем управления баз данных ведется на интуитивном уровне и пока не существует математических методов, позволяющих учитывать специфику сложных запросов к хранилищу данных, используемых в процессе принятия решений. Разработка теоретических методов, позволяющих на этапе проектирования прогнозировать время работы параллельного колоночного хранилища данных с учетом специфики предметной области, является актуальной в настоящее время.

В исследовательской работе, проводимой в МГТУ им. Н.Э. Баумана, указанная задача решается путем разработки моделей оценки времени выполнения запроса к параллельному колоночному хранилищу данных, учитывающих особенности колоночного хранения данных, состав и параметры выполнения запросов, структуру и наполнение хранилища, механизм распределения таблиц по процессорам системы, параллелизм выполнения запросов в узлах, режимы работы системы, структуру сложного многопроцессорного аппаратно-программного комплекса.

В статье рассмотрено специфическое для параллельных колоночных хранилищ данных «скрытое соединение» и получена оценка времени выполнения запроса к хранилищу на основе математических методов, предложенных авторами в статьях [11-14,18] с учетом особенностей выполнения запросов к колоночным базам данных.

Организация работы колоночной системы баз данных

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.

Более подробно изменения, вносимые в каждый из перечисленных элементов плана, рассмотрены в работах [11,15].

Организация параллельной обработки данных

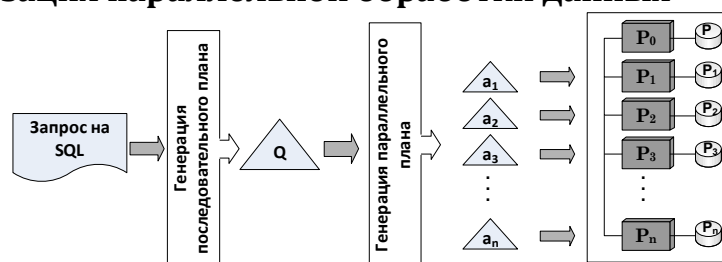


Рис. 1. Генерация параллельного плана запроса

Основной формой параллельной обработки запросов в строчных и колоночных СУБД является фрагментный параллелизм. Подробно данный процесс рассмотрен в работах [2-4,16]. 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 (рис.1). Здесь n обозначает количество процессорных узлов. Это достигается путем вставки оператора обмена *exchange* в соответствующие места дерева плана запроса. На завершающем этапе агенты рассылаются на соответствующие процессорные узлы, где интерпретируются исполнителем запросов. Результаты выполнения агентов объединяются корневым оператором *exchange* на нулевом процессорном модуле.

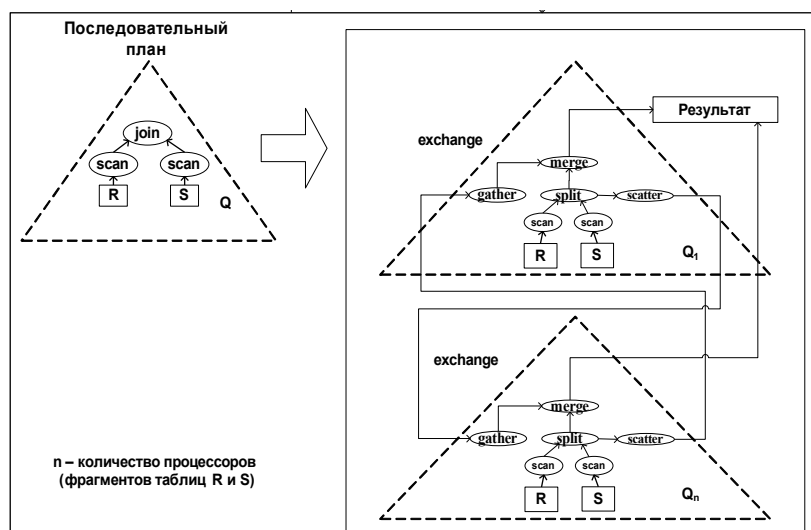


Рис. 2. Обработка запроса $Q = R \text{ wv } S$ в параллельной системе баз данных

Рассмотрим процесс параллельной обработки запроса, где выполняется соединение таблиц R и S базы данных (рис. 2). $Q = R \text{ wv } S$ – это логическая операция соединения (join) двух отношений (таблиц) R и S по некоторому общему атрибуту Y . В данном примере таблица R фрагментирована произвольным образом, а таблица S – по атрибуту соединения Y . На рис. 2 показано, что логический план выполнения соединения двух отношений тиражируется на ' n ' процессоров в параллельной системе баз данных (на рисунке показаны 2 процессора). Далее происходит параллельная обработка на каждом процессоре соответствующих фрагментов таблиц R и S . Вследствие того, что таблица R не фрагментирована по атрибуту соединения, при последовательном чтении записей этой таблицы происходит их обработка в операторе *exchange*, осуществляющем разбор записи и её межпроцессорный обмен. Таблица S фрагментирована по атрибуту соединения и записи читаемые из фрагментов этой таблицы обрабатываются на каждом процессоре локально.

Наиболее распространенной системой классификации параллельных систем баз данных является система, предложенная Майклом Стоунбрейкером (Michael Stonebraker) [16]:

- 9.SE (Shared-Everything) - архитектура с разделяемыми памятью и дисками.
- 10.SD (Shared-Disks) - архитектура с разделяемыми дисками.
- 11.SN (Shared-Nothing) - архитектура без совместного использования ресурсов.

Обработка запроса к хранилищу данных в ПКБД

Процесс выполнения запроса к хранилищу данных, в частности, к хранилищу со звездообразной схемой часто включает следующие шаги: 1) выделить множество кортежей в таблице фактов, используя предикаты ограничений над одной или несколькими таблицами измерений; 2) выполнить некоторое агрегирование значений фактов, часто с

группировкой по атрибутам таблицы измерений. Таким образом, требуется выполнять соединения таблицы фактов и таблиц измерений для каждого предиката и каждой агрегатной группировки [17]. В качестве специфичного для колоночных баз данных плана запроса авторы работ [10,15] предлагают метод, названный ими методом скрытых соединений, который можно использовать в системах баз данных с хранением данных по столбцам для соединений таблиц баз данных со звездообразной схемой по атрибутам *внешний-ключ/первичный-ключ*. Это соединение с отложенной материализацией, но в нем минимизируется число значений, которые требуется извлекать не в порядке следования позиций.

При использовании метода скрытых соединений соединения выполняются в три этапа. Сначала каждый предикат применяется к соответствующей таблице измерений для извлечения списка ключей записей, удовлетворяющих данному предикату. Эти ключи используются для построения хэш-таблицы, которую можно использовать для проверки того, удовлетворяет ли предикату некоторое значение ключа. Пример выполнения первого этапа показан на рис. 3.

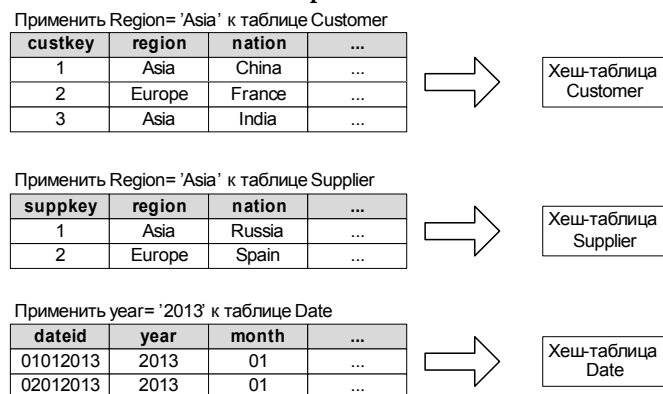


Рис. 3. Первый этап скрытого соединения

На следующем этапе хэш-таблицы используются для извлечения позиций тех записей из таблицы фактов, которые удовлетворяют соответствующему предикату. Для каждого значения столбца внешнего ключа таблицы фактов выполняется поиск в соответствующей хэш-таблице. Далее создаётся список всех позиций в этом столбце, значения которых удовлетворяют предикату. Затем списки позиций всех столбцов пересекаются. И создаётся список позиций таблицы фактов, которые соответствуют записям, удовлетворяющим исходному условию поиска. Пример выполнения второго этапа показан на рис. 4.

На третьем этапе с помощью списка позиций таблицы фактов производится поиск в соответствующей таблице измерений. Если ключи таблицы измерений образуют отсортированный, непрерывный список идентификаторов, начинающийся с единицы, то значение внешнего ключа в действительности задает позицию нужного кортежа в таблице измерений. Это означает, что требуемые столбцы таблицы измерений

могут быть извлечены напрямую с использованием этого списка значений внешнего ключа.

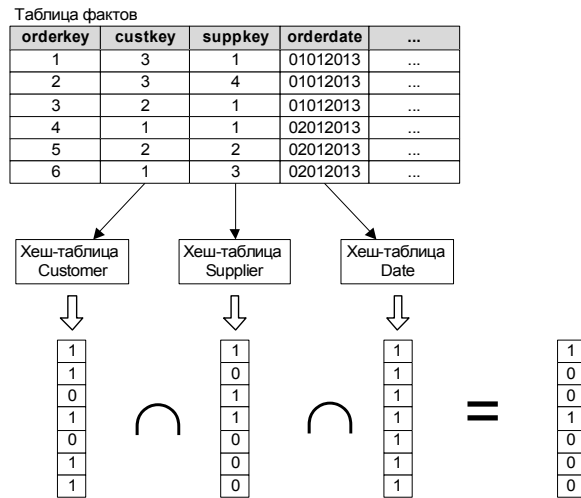


Рис. 4. Второй этап скрытого соединения

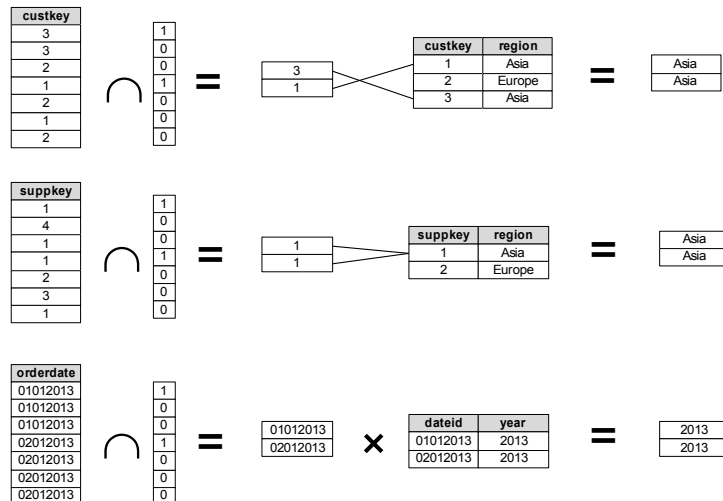


Рис. 5. Третий этап скрытого соединения

Пример выполнения этого третьего этапа показан на рис. 5. Для таблицы Date столбец ключа не является отсортированным непрерывным списком, начинающимся с единицы, так что для него требуется выполнять полное соединение. Поскольку это соединение вида внешний-ключ/первичный-ключ, и все предикаты уже применены, гарантируется, что в каждой таблице измерений для каждой позиции окончательного списка позиций таблицы фактов будет обнаружен один и только один результат. Это означает, что на этом третьем этапе при соединении с каждой таблицей измерений получается одно и то же число результатов, так что каждое соединение может выполняться по отдельности, и результаты могут материализоваться в более поздней точке плана выполнения запроса.

Преобразования Лапласа-Стилтьеса времени выполнения запроса к таблице в строчной и колоночной системе баз данных

В [18] приведено преобразование Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) времени выполнения запроса к хранилищу данных методом «скрытого соединения», получены 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 методом скрытого соединения и соединения вложенными циклами

Ниже приведено сравнение времени выполнения запроса к хранилищу данных для скрытого соединения и соединения методом NLJ [14]. Характеристики ресурсов (интенсивности обработки) были получены с помощью программы синтетических тестов AIDA64 [19]. Расчёты были выполнены при следующих значениях характеристик ресурсов.

1. Процессор – Intel Core i7-920 2.79GHz. Для выбранного процессора

измеренное значение числа процессорных циклов, выполняемых в секунду - $\mu_p = 2.79 \cdot 10^9 (1/c)$.

2. Внешняя память - $N_D = 250$, диск 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 $\mu_{ДВ} = 1000/6.3 = 160 (1/c)$, $p_D = 0.9$.

3. Оперативная память - DDR3-1600 PC3- 12800. Интенсивность чтения одного байта информации из ОП равна $\mu_M = 9586 \cdot 1024 \cdot 1024 (1/c)$.

В качестве примера был выбран аналитический запрос Q3 теста TPC-H [20]. Коэффициент sf теста определяет объем обрабатываемых данных.

График зависимости времени выполнения запроса от количества узлов для скрытого соединения и соединения методом NLJ для архитектуры SE представлен на рис.7. Из графика видно, что метод скрытого соединения превосходит по скорости метод NLJ, причем соотношение времени выполнения сохраняется при изменении количества узлов.

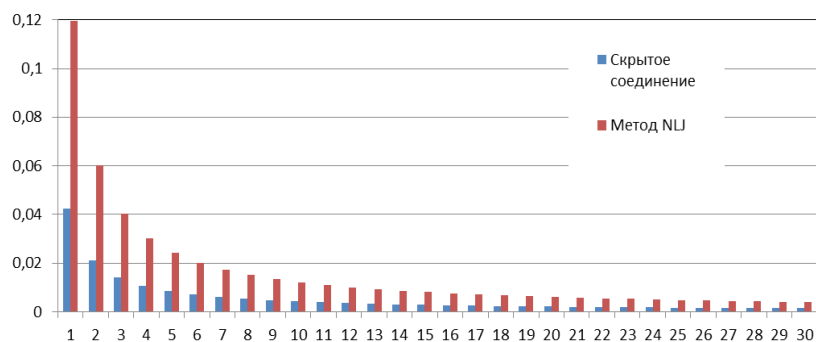


Рис 7. Зависимость времени выполнения запроса для различных методов соединения при архитектуре SE ($sf=0.01$).

На рис.8 приведена зависимость времени выполнения запроса для различных методов соединения и архитектур в зависимости от коэффициента sf теста TPC-H. При увеличении объема обрабатываемых данных время обработки при использовании метода NLJ увеличивается быстрее, чем при методе скрытого соединения.

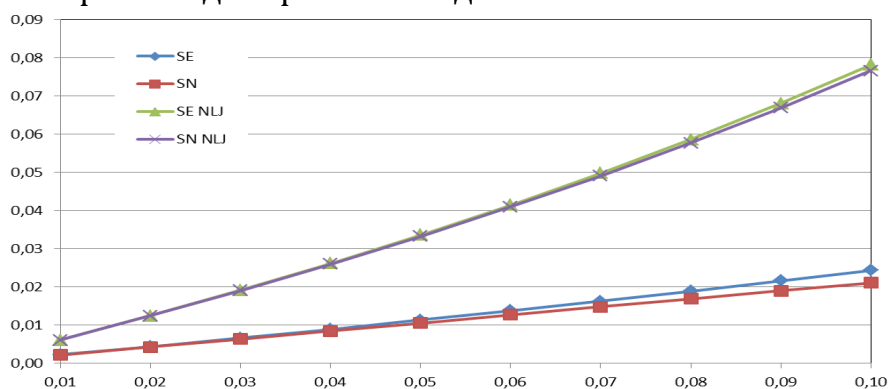


Рис 8. Зависимость времени выполнения запроса для различных методов и архитектур в зависимости от коэффициента sf теста TPC-H ($n=20$)

Заключение

1. Проанализирован способ выполнения запросов в параллельном колоночном хранилище данных. Рассмотрен специфичных для колоночных систем процесс «скрытого соединения» (invisible join).

2. Получено преобразование Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) времени выполнения запроса со скрытой материализацией. Рассмотрены варианты этого преобразования для различных архитектур параллельных систем баз данных.

3. Проведено сравнение времени выполнения запроса к хранилищу данных для скрытого соединения и соединения методом NLJ, показано превосходство метода скрытого соединения.

4. Полученное соотношение увеличения скорости выполнения запроса (в 2.75 раза) соответствует экспериментально полученному в работе [15] значению.

5. Предполагается продолжить исследования и получить модель адаптации полученной ПЛС к конкретной реализации ПКХД.

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. Григорьев Ю.А., Плутенко А.Д. Теоретические основы анализа процессов доступа к распределенным базам данных. Новосибирск: Наука, 2002. - 222 с.
3. Ю.А. Григорьев, В.Л. Плужников. Оценка времени выполнения запросов и выбор архитектуры параллельной системы баз данных. МГТУ, 2009.
4. 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.
5. Григорьев Ю.А., Плужников В.Л. Оценка времени соединения таблиц в параллельной системе баз данных // Информатика и системы управления. – 2011. - № 1. – С. 3-16.
6. 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.
7. Michael Stonebraker, Uğur Çetintemel. «One Size Fits All»: An Idea Whose Time Has Come and Gone. / Перевод Сегрея Кузнецова, 2007 г.: [Электронный ресурс]. [http://citforum.ru/database/articles/one_size_fits_all/]. Проверено 27.06.2011.
8. 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 Сегрея Кузнецова, 2007 г.: [Электронный ресурс]. [http://citforum.ru/database/articles/one_size_fits_all_2/]. Проверено 27.06.2011.
9. Michael Stonebraker. My Top 10 Assertions About Data Warehouses. / Перевод Сегрея Кузнецова, 2010 г.: [Электронный ресурс]. [<http://citforum.ru/gazeta/166/>]. Проверено 27.06.2011.
10. 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.
11. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Модель обработки запросов в параллельной колоночной системе баз данных // Информатика и системы управления. – 2012. - № 1. – С. 3-15.
12. 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.
13. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Сравнение процессов обработки запроса к одной таблице в параллельной строчной и колоночной системе баз данных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2012. - Специальный выпуск № 5. – С. 31-45.
 14. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Оценка времени соединения двух таблиц в параллельной колоночной системе баз данных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2012 - № 4. – С. 80-100.
 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. Кузнецов С. СУБД с хранением данных по столбцам и по строкам: насколько они отличаются в действительности? [Электронный ресурс]. [http://citforum.ru/database/articles/column_vs_row_store/]. Проверено 24.04.2012.
 18. Григорьев Ю.А., Ермаков Е.Ю. Анализ времени выполнения запроса в параллельном колоночном хранилище данных // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2013
 19. AIDA64 Extreme Edition. [Электронный ресурс] [<http://www.aida64.com/product/aida64-extreme-edition/overview>] Проверено 08.04.2012.
 20. Спецификация теста TPC-H. [Электронный ресурс] [<http://www.tpc.org/tpch/>] Проверено 24.04.2013.

Панюкова Т.А.

Южно-Уральский государственный университет, доцент, kwark@mail.ru

***Построение эйлеровых циклов с упорядоченным
охватыванием как математическая модель решения
задачи раскроя***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Рекурсивный алгоритм, эйлерова цепь, плоский граф, математическая модель, задача раскроя.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматривается рекурсивный алгоритм построения эйлеровой цепи в плоском эйлеровом графе, удовлетворяющей глобальному ограничению на порядок обхода ребер. Такой граф и соответствующий ему маршрут могут быть рассмотрены как математическая модель некоторого раскройного плана. Наложённое ограничение на порядок обхода ребер означает, что отрезанная от листа часть не требует дополнительных разрезов.

Введение

В настоящее время активно развивается такой раздел дискретной математики как теория графов. Изучение правил и законов человеческого мышления обусловило применение методов дискретной математики в тех областях техники, которые так или иначе связаны с моделированием мышления, и в первую очередь в вычислительной технике и программировании. С помощью аппарата теории графов формализуется широкий класс проблем, начиная от занимательных до ряда серьезных теоретических и прикладных задач электротехники, физики, химии, топологии и др. Например, с помощью графа, изображающего сеть дорог между населенными пунктами, можно определить не только маршрут проезда от одного до другого пункта, но, если таких маршрутов окажется несколько, – выбрать в определенном смысле оптимальный (самый короткий или самый безопасный, самый дешевый или путь, который требует минимум энергии и т.п.). Кроме того, на алгоритмы обхода могут быть наложены дополнительные свойства (ограничения).

Большое число примеров различных типов эйлеровых цепей приведено в первом томе монографии Г.Фляйшнера «Эйлеровы графы и смежные вопросы» [1, 2], где систематизировано и достаточно подробно рассматриваются некоторые виды эйлеровых цепей, например:

- цепи, не содержащие запрещенных переходов;
- попарно-совместимые эйлеровы цепи;

- A -цепи в графах;
- самонепересекающиеся и непересекающиеся цепи;
- бинаправленные двойные обходы.

В последнее время появились публикации, посвященные новым видам маршрутов в графах, например:

- расширение класса запрещенных переходов [3];
- маршруты Петри [4];
- k -реберно-упорядоченные графы [2];
- прямолинейные маршруты в эйлеровых графах [5] и т.п.

Однако не было найдено публикаций, рассматривающих задачу построения маршрутов в плоских графах, у которых отсутствует пересечение внутренних граней пройденной части маршрута с ребрами его непройденной части.

Будем рассматривать G_S – топологическое представление графа G в плоскости S , компоненты связности множества $S \setminus G_S$ называются гранями плоского графа G_S , а множество граничных точек грани – ее краем; теоретико-множественное объединение краев всех граней равно G_S , поэтому каждое ребро и каждая вершина принадлежат краю хотя бы одной грани, и ясно также, что никакое ребро (в отличие от вершины) не может принадлежать краям более чем двух граней. Ровно одна из граней плоского графа G_S является внешней (бесконечной). Причем всегда можно так изменить расположение графа G_S в плоскости S (т. е. построить изоморфный ему граф G'_S), чтобы наперед заданная грань стала внешней: для этого достаточно сначала стереографически отобразить G_S на сферу, затем повернуть ее так, чтобы полюс N попал в образ облюбованной грани, и, наконец, спроектировать граф обратно на плоскость S .

Положим, что на плоскости S задан плоский граф $G=(V,E)$, и пусть f_0 – внешняя (бесконечная) грань графа G . Для любого подмножества $H \subset G$ обозначим через $\text{Int}(H)$ подмножество S , являющееся объединением всех связных компонент множества $S \setminus H$, не содержащих внешней грани f_0 . Множества вершин, ребер и граней графа G будем обозначать через $V(G)$, $E(G)$ и $F(G)$ соответственно, а $|S|$ – число элементов (мощность) множества S .

Определение 1. Будем говорить, что цикл $C=v_1e_1v_2e_2\dots v_ke_k$ в эйлеровом графе G имеет **упорядоченное охватывание**, если для любой его начальной части $C_l=v_1e_1v_2e_2\dots e_l$, $l \leq |E(G)|$ выполнено условие $\text{Int}(C_l) \cap E(G) = \emptyset$.

Например, для плоского эйлерова графа, приведенного на рис.1., цикл $v_1e_1v_2e_2v_3e_3v_4e_4v_5e_5v_6e_6v_1$ удовлетворяет условию упорядоченного охватывания, а цикл $v_1e_4v_2e_5v_3e_6v_1$ – не удовлетворяет, т.к.

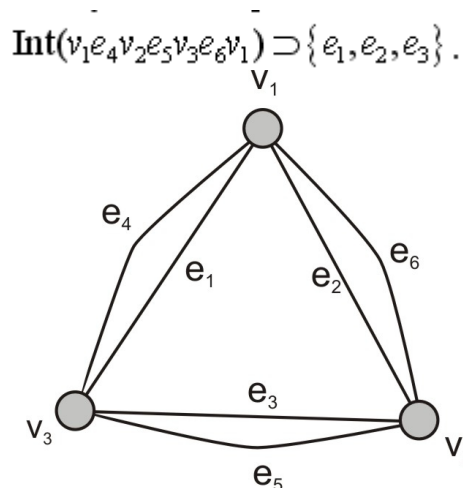


Рис. 1. Пример эйлерова графа

В терминах задачи раскроя используемые определения интерпретируются следующим образом: S – раскраиваемый лист, G – раскройный план, C – траектория движения режущего инструмента, $\text{Int}(C_i)$ – отрезанная от листа часть при прохождении режущим инструментом части траектории. Тогда условие упорядоченности охватывания означает, что отрезанная от листа часть не требует дополнительных разрезов.

Представление заданного плоского графа $G = (V, E)$ возможно с помощью задания для каждого ребра $e \in E$ следующих функций:

- $v_1(e), v_2(e)$ – вершины, инцидентные ребру e ;
- $f_1(e), f_2(e)$ – грани, находящиеся слева при движении по ребру e от вершины $v_k(e)$ к вершине $v_{3-k}(e)$, $k = 1, 2$.
- $l_1(e), l_2(e)$ – ребра, принадлежащие граням $f_k(e)$, $k = 1, 2$, инцидентные вершинам $v_k(e)$.

Иллюстрация введенных функций дана на рис. 2. Их построение не составляет проблем. Фактически они определяются и используются еще на этапе проектирования графа G .

Пространственная сложность такого представления не будет превосходить $O(|E| \cdot \log_2 |V|)$.

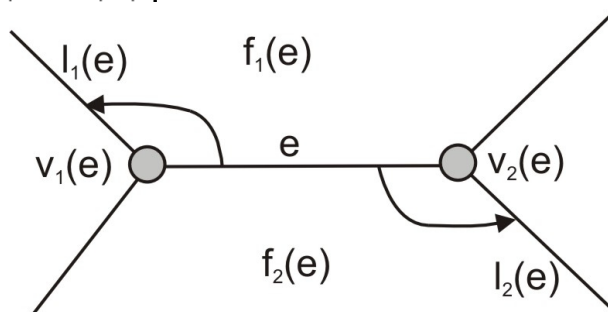


Рис. 2. Представление ребер графа

Задаче построения эйлеровых циклов с упорядоченным охватыванием посвящено достаточно большое число публикаций автора

данной работы, например [6–7]. Подробно задача описана в работе [6].

1. Рекурсивный алгоритм построения эйлерова цикла с упорядоченным охватыванием

Будем использовать представление заданного плоского графа $G = (V, E)$ с помощью введенных ранее функций (рис.2) для каждого ребра $e \in E$.

Алгоритм A1 основан на доказательстве теоремы о существовании в эйлеровом графе цикла с упорядоченным охватыванием [8]. Псевдокод алгоритма A1 приведен на рис.3.

Алгоритм использует структуры FirstLast и Edge. Структура FirstLast состоит из двух целочисленных полей First и Last, предназначенных для возврата функциями номеров первого и последнего ребер соответственно в построенных циклах. Исходный граф G задается в виде массива структур Edge. Отдельный элемент массива соответствует ребру графа. Поля структуры предназначены для хранения значений одноименных функций, определенных на соответствующем ребре.

Алгоритм A1

Входные данные: граф $G = (V, E)$, первое рассматриваемое ребро $e_0 \in \partial f_0$;

Выходные данные: Очередь $Mark$, первое ребро в очереди $Ret.First$, последнее ребро в очереди $Ret.Last$;

$\forall e \in E \text{ Mark}(e) = \infty$;

$Start = Next = e_0$;

do

$Vertex = v_1(Next); e_0 = Next; Next = l_1(e_0)$;

if ($Mark(Next) = \Gamma$) **do**

if ($Next = Start$) **do**

$Mark(e_0) = Next$;

break;

od

else do

$e = l_2(Mark(Next))$;

if ($e \neq Start$) **do**

while ($Mark(e) \neq \infty$) **do**

$e = l_2(l_1(e))$;

if ($e = Start$) **break**;

od

$Next = e$;

od

od

od

if ($Vertex = v_2(Next)$) **REPLACE**($Next$);


```

    Mark( $e_0$ ) = Next ;
od while ( Next  $\neq$  Start );
    Mst = 0 ;
do
    if (  $l_2(\text{Next}) \neq e_0$  and Mark( $l_2(\text{Next})$ ) =  $\infty$  ) do
        if ( Mst = 0 ) Mst =  $l_2(\text{Next})$  ;
        if (  $v \neq v_2(l_2(\text{Next}))$  ) REPLACE( $l_2(\text{Next})$ ) ;
        Ret = A1( G ,  $l_2(\text{Next})$  ) ;
        if ( Mark( $e_0$ )  $\neq \infty$  ) do
            Mark(Ret.Last) = Mark( $e_0$ ) ;
            Mark( $e_0$ ) =  $l_2(\text{Next})$  ;
        od
         $e_0 = \text{Next}$  ; Next = Mark( $e_0$ ) ; Vertex =  $v_1(e)$  ;
    od while ( Next  $\neq$  Ret.First and Next  $\neq$  Start );
    if ( Mst = 0 ) Ret.First = Start ;
    else Ret.First = Mst ;
    Ret.Last = First ;
    return Ret ;
end.

```

Рис. 3. Функция CYCLE алгоритма построения обхода с упорядоченным охватыванием

Порядок работы алгоритма A1 следующий. Сначала производится инициализация полей Mark, являющихся элементами массива структур Edge.

Представление графа фактически задает ориентацию его ребер. Далее предполагается, что движение по ребру для определенности осуществляется от вершины $v_2(e)$ к вершине $v_1(e)$. Поскольку при задании графа G неизвестно, какое из ребер в каком направлении будет пройдено, то при выполнении алгоритма производится перестановка значений полей $v_1(e)$, $v_2(e)$ и $l_1(e)$, $l_2(e)$ некоторых ребер. В алгоритме данную процедуру выполняет функция REPLACE. (рис. 4).

Функция REPLACE

Входные данные: Edge - ребро, для которого нужно поменять функции местами.

```

tmp1 =  $v_2(\text{Edge})$  ; tmp2 =  $l_2(\text{Edge})$  ;
 $v_2(\text{Edge}) = v_1(\text{Edge})$  ;  $l_2(\text{Edge}) = l_1(\text{Edge})$  ;
 $v_1(\text{Edge}) = \text{tmp1}$  ;  $l_1(\text{Edge}) = \text{tmp2}$  ;
end.

```

Рис. 4. Функция REPLACE

Работу алгоритма A1 можно разбить на две части.

Первая часть функции, соответствующая первому циклу do...while (рис. 3), предназначена для нахождения цикла из ребер, смежных внешней грани

графа $\tilde{G}(t)$, где $t = v_1(e_0)$. Данный цикл представляется заданием поля *Mark* (ранга) для каждого его ребра.

Определение 2 [9]. Ранг каждого ребра e графа $G(V, E)$ может быть определен рекурсивно:

8. Все ребра, ограничивающие внешнюю грань f_0 графа $G(V, E)$, образуют множество ребер $E_1 = \{e \in E : e \subset f_0\}$ с рангом $(\forall e \in E_1)(\text{mark}(e) = 1)$.

9. Ребра ранга k графа $\mathcal{G}_k \left(V, E \setminus \left(\bigcup_{l=0}^{k-1} E_l \right) \right)$ формируют множество ребер E_k , имеющих ранг k для исходного графа G , т.е. $(\forall e \in E_k)(\text{mark}(e) = k)$.

Вторая часть, соответствующая следующему циклу *do...while*, рекурсивно вызывает алгоритм *A1* для каждого ранее непомеченного ребра, инцидентного вершинам цикла, построенного при прохождении первого цикла *do...while*. После построения обхода соответствующей компоненты связности, он включается в результирующий обход.

Таким образом, описанный в этом разделе алгоритм *A1* позволяет найти эйлеров цикл с упорядоченным охватыванием в плоском эйлеровом графе.

Результативность работы алгоритма следует из доказательства теоремы существования эйлерова цикла с упорядоченным охватыванием. Произведем оценку сложности алгоритма.

Как отмечено выше, алгоритм *A1* состоит из двух частей. При нахождении в первой части алгоритма очередной пометки *Next*, требуется просмотреть в худшем случае $d(v_i)$ ребер, где $d(v_i)$ – степень вершины v_i . Данный цикл с учетом рекурсии выполняется ровно $|E(G)|$ раз, следовательно, сложность выполнения цикла не превосходит величины, пропорциональной

$$|E(G)| \cdot \sum_{\forall v} d(v) = |E|^2,$$

то есть эта часть алгоритма имеет сложность $O(|E|^2)$.

Во второй части алгоритма осуществляется рекурсивный вызов, при этом происходит последовательный просмотр всех вершин, поэтому сложность этой части функции не превосходит $O(|V(G)|)$. Следовательно, сложность всего алгоритма составляет величину $O(|E(G)|^2)$. Таким образом, предложенный алгоритм решает задачу за полиномиальное время $O(|E(G)|^2)$.

2. Построение A -цепей с упорядоченным охватыванием в 4-регулярном графе

Еще одной разновидностью цепей, используемых для моделирования процесса раскрыя, являются A -цепи. Определение данного вида цепи и теоретические результаты, касающиеся свойств этих цепей, подробно описаны в [1].

Определение 3 [1, 10]. Пусть в графе $G(V, E)$ для каждой вершины $v \in V$ задан положительный циклический порядок обхода ребер $O^+(G)$. Эйлеров маршрут T будем называть A -цепью, если для любого $\{e_i, e_j\} \in X_T(G)$ (где $X_T(G)$ – заданная система переходов) $j = i - 1$ или $j = i + 1$.

Другими словами, в A -цепи возможен переход только на соседнее ребро, получающееся при вращении текущего ребра против часовой стрелки (либо по часовой стрелке).

Рассмотрим плоский 4-регулярный граф (т.е. граф, для которого $\forall v \in V: \deg(v) = 4$). Очевидно, что данный граф является эйлеровым.

Предложение. В плоском 4-регулярном графе существует A -цепь с упорядоченным охватыванием.

Доказательство. Рассмотрим систему переходов $X_T(G)$, соответствующую некоторой A -цепи в графе G . Выберем произвольную вершину $v_0 \in f_0$ и построим из нее цикл $C(f_0)$ из ребер, смежных внешней грани (имеющих ранг 1). Удалив все ребра $e \in C(f_0)$, получим k компонент связности, ребра которых имеют ранг больше 1. Причем, любая пара ребер ранга 2 будет иметь хотя бы одну общую вершину второй степени (этой вершине были инцидентны два ребра $e_l, e_m \in C(f_0)$). В соответствии с изложенным выше алгоритмом возможно построение A -цепи с упорядоченным охватыванием следующим образом. Из вершины $v_0 \in f_0$, выбранной в качестве начальной начать построение цепи по ребру e_1 : $k\text{mark}(e_1) = 2$. В силу 4-регулярности графа, ребра, инцидентные начальной вершине не могут иметь больший ранг. А ребра, инцидентные ребру e : $k\text{mark}(e) = k$, не могут иметь ранг, отличающийся от k более, чем на единицу. Далее, используя алгоритм $A1$, построим эйлерову цепь с упорядоченным охватыванием. Снова, в силу 4-регулярности графа G , на всех уровнях рекурсии переход будет осуществляться на соседнее ребро большего ранга (если это возможно). Последнее ребро цепи, $e_{|E|}$, будет смежно внешней грани, а следующим для него в циклическом порядке будет начальное ребро e_1 . Таким образом, построенный эйлеров цикл с упорядоченным охватыванием является и A -цепью. **Предложение доказано.**

Приведем алгоритм для построения A -цепи с упорядоченным охватыванием в 4-регулярном графе.

Алгоритм А2

Входные данные: Граф $G(V, E)$, представленный шестью функциями для каждого ребра:

- $v_1(e), v_2(e)$ – вершины, инцидентные ребру e ;
- $l_1(e), l_2(e)$ – ребра, инцидентные вершинам $v_k(e)$, и получающиеся при вращении ребра e против часовой стрелки;
- $r_1(e), r_2(e)$ – ребра, инцидентные вершинам $v_k(e)$, и получающиеся при вращении ребра e по часовой стрелке.

Выходные данные: A -цепь C с упорядоченным охватыванием.

Шаг 1. Положить $k=1$ и $\tilde{G} = G(V, E)$.

Шаг 2. Определить цикл C_k из ребер, смежных внешней грани графа $\tilde{G}$. Всем ребрам этого цикла присвоить пометку k (таким образом $\forall e \in C_k, kmark(e) = k$). Положить $k = k + 1$.

Шаг 3. Положить $\tilde{G} = \tilde{G} \setminus C_k$. Если в $\tilde{G}$ остались еще не помеченные ребра, перейти на шаг 2. В противном случае перейти на шаг 4.

Шаг 4. Начать построение цикла из вершины $v_0 \in f_0$. Выбрать первое ребро e_1 , инцидентное v_0 и имеющее ранг 2. Положим, что $v_0 = v_1(e_1)$, в противном случае необходимо поменять индексы кодирующих функций данного ребра местами (функция REPLACE алгоритма А1). Пусть $e = e_1$ – текущее ребро, помещаемое в цепь: $C = \{e\}$.

Шаг 5. Предположим, что движение по ребру e осуществляется из вершины $v_1(e)$ в вершину $v_2(e)$. В противном случае необходимо изменить направление прохода по ребру заменой индексов задающих его функций на противоположные, т.е. k заменить на $(3 - k)$, где $k = 1, 2$. Пусть $C = C \cup \{e\}$. Пометить e как пройденное. Если $|C| = |E|$, завершить выполнение алгоритма A -цепь с упорядоченным охватыванием найдена, в противном случае, перейти на шаг 6.

Шаг 6. Чтобы не нарушить свойство A -цепи, выбрать одно из соседних для e ребер, имеющее максимальный возможный ранг и не пройденное ранее (не включенное в цепь C). Таким образом,

- $e = r_2(e)$, если $kmark(r_2(e)) > kmark(l_2(e))$;
- $e = l_2(e)$, если $kmark(r_2(e)) < kmark(l_2(e))$;
- если $kmark(r_2(e)) = kmark(l_2(e))$ продолжить обход по любому из ребер, по возможности не повышая связности непройденного подграфа.

Перейти на шаг 5.

Конец алгоритма.

В силу того, что алгоритм А2 является модификацией алгоритма А1, он также является полиномиальным, а его результативность следует из результативности алгоритма А1.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки РФ,
соглашение 14.B37.21.0395.*

Литература

1. Fleischner H. Eulerian Graphs and Related Topics, Part 1, Vol.1, Ann. Discrete Mathematics, No 45 (1990).
2. Fleischner H. Eulerian Graphs and Related Topics, Part 1, Vol.2, Ann. Discrete Mathematics, No 50 (1991).
3. Szeider S. Finding paths in graphs avoiding forbidden transitions // Discrete Applied Mathematics, 2003. – 126. – P. 261–273.
4. Zitnik A. Plane graphs with Eulerian Petrie walks // Discrete Mathematics, 2002. – 244. – P. 539–549.
5. Pisanski T., Tucker T.W., Zitnik A. Straight-ahead walks in Eulerian graphs, Discrete Mathematics 281 (2004) – P. 237–246.
6. Панюкова Т.А. Обходы с упорядоченным охватыванием в плоских графах / Панюкова Т.А. // Дискретный анализ и исследование операций, 2006. – Сер. 2. – Т.13, №2. – С. 31–43.
7. Panyukov, A.V. The Algorithm for Tracing of Flat Euler Cycles with Ordered Enclosing / A.V. Panyukov, T.A. Panioukova // Proceedings of Chelyabinsk Scientific Center, 2000. – \#4(9). –P.18-22.
8. Panioukova T.A. Algorithms for Construction of Ordered Enclosing Traces in Planar Eulerian Graphs. / Panioukova T.A., Panyukov A.V. // The International Workshop on Computer Science and Information Technologies' 2003, Proceedings of Workshop, Ufa, September 16–18, 2003. Volume 1, Ufa State Technical University, 2003. – P. 134–138.
9. Панюкова, Т.А. Оптимальные эйлеровы покрытия для плоских графов / Т.А.Панюкова// Дискретный анализ и исследование операций. 2011. – Т.18, №2, с. 64–74.
10. Jonathan L. Gross, Jay Yellen, Handbook of Graph Theory (Discrete Mathematics and Its Applications)/ CRC Press. – 2003. – 1192 p.

Власов Д. В.

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ), профессор кафедры Управления знаниями и прикладной информатики в экономике, e-mail: denisvlasov@yandex.ru

Информация, признаки понятий и познающий субъект

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Понятие, информация, признак, понятие, познание, исследователь.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматриваются свойства информации, выраженные через признаки понятий. Установлено, что ценность информации определяется субъектом, а через информационную природу признаков в свернутом виде передается не только жизненный мир познающего субъекта, но и отражается весь универсум в целом.

В современном мире информация приобретает особый статус. Она становится важнейшим ресурсом, причем порой даже более ценным, чем любые материальные ресурсы (особенно в политике, экономике, наукоемких производствах). Не менее важный статус информация приобретает и в социальных сферах жизни, в культуре и науке. Именно поэтому современную эпоху принято называть «информационной», а современное общество – «информационным обществом».

Вместе с этим возникает и настоятельная необходимость теоретического исследования современного понимания информации. Ведь само понятие информации многозначно, порой неопределенно и противоречиво. Тем не менее, опираясь на огромный пласт знаний теоретической информатики, теории информации, теории систем, логики и философии науки можно проследить то, как менялось представление об информации и попытаться сформулировать современную концепцию понимания информации в рамках логической теории понятия.

Необходимость исследования информации именно в аспекте логической теории объясняется тем, что, во-первых, сам аппарат логики позволяет анализировать любые понятия с точки зрения их объема, содержания, характеристики признаков, их свойств, качеств и др. Во-вторых, именно в рамках логики можно исследовать феномен понятия в наиболее рациональном ключе, максимально четко, без лишней метафизики. Вместе с тем, следует отметить и тот факт, что изучение феномена информации, ее онтологического статуса – проблема междисциплинарная, выходящая за пределы логической теории, и относящаяся скорее к проблемам философии науки и техники.

В классическом понимании информация – это сведения, данные,

передаваемые тем или иным способом. Толковый словарь С.И.Ожегова определяет информацию как «сведения об окружающем мире, протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальным устройством, а также сообщения, осведомляющие о положении дел, о состоянии чего-нибудь» [1, с.21]. Это определение носит интуитивно понятный характер, и в нем закреплены такие характеристики информации, как наличие субъекта, возможность передачи информации, аккумуляция в информации знаний о мире, возможность выразить информацию посредством сообщения. Однако такой способ определения информации не раскрывает ее потенциал, особенно с научной точки зрения.

В кибернетической науке 50-х гг. прошлого столетия преобладал иной подход к пониманию информации. Считалось, что информационные процессы могут протекать без участия в них субъекта. Эта позиция выражена в абстрактной теории информации Клода Шеннона «Математическая теория связи» [2]. Благодаря введению количественной меры информации стали предприниматься попытки объяснения многочисленных научных явлений и процессов, однако вскоре стало очевидно, что одних только количественных характеристик явно не достаточно для объективного исследования проблем, особенно, например, в таких науках, как биология, психология, где качественная оценка чрезвычайно важна. Позже и сам автор абстрактной теории информации признал недостаточность только лишь количественного подхода. Впоследствии ряд ученых, среди которых физик Л.Бриллюэн [3], сформулировал общую концепцию теории информации на базе понятия энтропии и термодинамики. Информация могла быть представлена как отрицательная энтропия, а соответственно распространение информации есть не что иное, как уменьшение энтропии. Что характерно, в рамках этой концепции наличие субъекта также не является обязательным, а сама информация представлена скорее неким атрибутом, свойством материи.

Данный техницистский подход порождал ряд противоречий. Возникали очевидные проблемы оценки смысла, ценности информации, особенно выраженной в языке, поэтому в рамках лингвистики, философии и семиотики исследования понимания проблемы информации продолжились уже в совершенно ином ключе. Так, благодаря научным исследованиям и философским работам Р.Карнапа [4] возникли серьезные предпосылки для более широкого применения информационных подходов к исследованию социальных, психологических, культурных явлений и процессов. Информация из сугубо «математического, механистического и даже физического» концепта превратилась во всеобъемлющее комплексное понятие, отражающее универсальные свойства материи.

Одним из главных выводов в понимании феноменологических

свойств информации можно считать тезис о том, что результат восприятия информации в значительной степени определяется свойствами воспринимающей системы. Этот тезис справедлив для различных систем, независимо от их природы. Это совершенно справедливо для биологических, социальных, живых и неживых систем.

В современной научной парадигме существует достаточно большое количество классификаций и свойств различных видов информации. Но главным выводом всех современных научных подходов в понимании информации является именно то ее свойство, которое делает информацию неотъемлемым свойством материи. Являясь атрибутом материи, информация выступает как характеристика организованности самой системы. Но только в живых системах возникает такая характеристика, как ценность информации.

Таким образом, можно подвести предварительный итог. Существует важнейшее свойство информации – системность ее организации. Если же рассматривать понятие информации точки зрения логической теории, то главным выводом является наличие информационной природы признаков у любого понятия в языке. Например, оценивая любой объект универсума, мы даем ему некую характеристику, выраженную в виде информации. Эта информация может быть представлена в виде наличия или отсутствия у характеризуемого объекта ряда свойств, качеств. Таким образом, оценивая любой объект материального мира через его свойства, признаки, мы опосредованно оцениваем изучаемый объект сквозь призму его включенности в единую систему мироздания. То есть в каждом понятии, получается, зашифрована косвенно информация о мире в целом.

В современном мире информация обладает не только свойством системности, ценности, но и обладает универсальной предметностью. Существенные признаки понятий могут относиться к любым предметам и явлениям как физической, так и идеальной природы. Универсальная предметность информации может быть выражена в том, что являясь атрибутом материи, информация дискретно воспроизводит характер самой материи. Информация – это всегда сведения «о чем-либо», «что-то определенное», это всегда четкий дискретный фрагмент бытия. А вот «субъектность информации» является ее необязательным свойством. У неживых систем, если речь не идет о компьютерных системах искусственного интеллекта, нет «контура познания», соответственно отсутствуют возможности восприятия ценностных характеристик информации.

Познающий субъект (человек, живая субстанция, система, способная к обучению) всегда обладает некой избирательностью в своей познавательной деятельности. Поэтому, получая информацию, познающий субъект отталкивается от исходных телеологических и прагматических «настроек». Изучая информацию, субъект выделяет в каждом понятии признаки, связанные с познаваемым объектом. Но что интересно:

существование объекта в универсуме вещей не порождает его признаков. Признаки порождаются в результате определенной интеллектуальной или мыслительной функции познающего субъекта.

Исследователь в процессе познания анализирует и сопоставляет свою накопленную информацию о мире с полученной информацией об исследуемом объекте в процессе исследования. Если смотреть более дискретно, субъект оценивает наличие или отсутствие у исследуемого объекта определенных существенных свойств, качеств, признаков. Но свойства и признаки исследуемого объекта бесконечны, так же, как бесконечен и мир во всех его проявлениях. Следовательно, любой объект может рассматриваться как объект с бесконечным множеством свойств, признаков и качеств. Тем не менее, познание всегда обладает четкой направленностью, характеризуется наличием целей, определением причинно-следственных связей. Поэтому исследователь, получая информацию, представленную в рациональном виде (например, в форме понятий), в виде объективных характеристик предмета, его свойств, выделяет в процессе познания только те признаки и свойства изучаемого объекта (явления), которые интересны исследователю, то есть обладают определенными ценностными характеристиками.

В этой связи можно отметить наличие в информации множества признаков понятий, с одной стороны существенных (или несущественных), а с другой стороны, необходимых или случайных. Некоторые признаки изучаемого объекта, наличие которых объясняет существование объекта, могут быть вовсе несущественными для исследователя. С другой стороны, эти признаки должны именоваться как существенные, поскольку они выделяют объект из универсума вещей. Наряду с этим познающий субъект может выделять для себя существенные признаки, являющиеся случайными с точки зрения существования предмета, но обладающие прагматической ценностью для исследования. На основании этого можно сделать вывод о том, что ценность признаков, их «существенность» определяется контуром познающей системы субъекта. Получая информацию, субъект воспринимает ее как проекцию положения в своем жизненном мире.

Вместе с тем, возможна и другая «оппозиция» признаков понятий, в которой объект фигурирует в рамках информационной проекции безотносительно к познающему субъекту. Однако данное противоречие в мыслительной деятельности исследователя не может быть явным образом разрешено, так как субъект принципиально не может выйти за пределы своего собственного жизненного опыта, «кругозора». И такое деление признаков происходит в результате систематизации полученной совокупности признаков познающим субъектом на основе телеологических и прагматических факторов. Поэтому особенностью распространения и движения информации в социальных системах является прагматика, целеполагание и активность субъекта. В качестве средства

информационного обмена выступает язык, и именно активное использование речи дало возможность формулирования и определения понятий, развития рационального мышления.

С точки зрения модели информации о любом исследуемом объекте рассмотрим следующую абстрактную схему. Тот или иной признак объекта характеризует объектс точки зрения некого качества, либо присущего объекту, либо отсутствующего у него. Если это качество наличествует у объекта, то для того, чтобы заключить о его наличии, достаточно знания об этом качестве в принципе и знания об объекте. Если же необходимо сделать вывод об отсутствии некого рассматриваемого качества у объекта, нужно кроме информации об исследуемом объекте располагать еще и знанием о том, что это качество вообще существует в принципе, имеет определенные характеристики, свойства. Например, говоря о проблеме зернистости мониторов и их частотной развертки необходимо знать, что есть такие характеристики в принципе. Если же говорить о том, что существуют мониторы, не обладающие зернистостью, необходимо знать о том, что существуют мониторы, обладающие этим качеством, а кроме этого необходимо знание об этой характеристике в целом.

Главным выводом статьи можно считать то, что онтологический статус признака любого понятия можно характеризовать как универсально-объективный, а его природу – как информационную. «Субъектность» информации составляет основу ее ценностных характеристик. Выступая в качестве знания, информация для субъекта является отражением вещей или отношений между ними. Кроме этого, информация представляет собой продукт познавательной деятельности субъекта, имеющей определенную направленность на объект, а ее ценность во многом определяется опытом, целями и системой ценностей самого субъекта-исследователя. Это объясняет направленность и избирательность любой познавательной деятельности и, как ее следствие, выделение существенных признаков исследуемого объекта из бесконечного множества. Поэтому получается, что если совокупность всех признаков любого объекта материального мира – это не что иное, как отражение места этого объекта в универсуме вещей, а, следовательно, и самого универсума, то существенные признаки понятий представляют собой познавательный феномен, отражающий структуру жизненного мира познающего субъекта.

Литература

18. Ожегов С.И. Словарь русского языка. Изд. 22-е, стереотипное. – М., 1990.
19. Шеннон К.Э. Работы по теории информации и кибернетике. – М., 1963.
20. Бриллюэн Л., Научная неопределённость и информация. – М., 1966.
21. Carnap R. Semantic information, The British Journal for the Philosophy Science, 1953, v. 4, № 14.

Северин П.А.¹, Гольчевский Ю.В.²

¹ ФБГОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет», магистрант,
rav9687@yandex.ru

² ФБГОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет», доцент, yurag@syktsu.ru

Анализ проектов разработки программных продуктов с применением метрик динамики на основе расчета «кодовой карты» проекта

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Программный продукт, проект, метрики динамики.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматривается проблема анализа проектов разработки программных продуктов с использованием метрик динамики, построенных на основе расчета «кодовой карты» проекта и визуализации истории разработки таких проектов.

Постановка проблемы

Использование метрик программного обеспечения, представляющих собой численное значение некоторых его свойств, является успешной практикой решения задач оценки объема трудозатрат, необходимых для создания и поддержания того или иного программного продукта.

«Экономическая» специфика применения обуславливает качественный состав наиболее используемых метрик – как правило, все они, так или иначе, имеют отношение к оценке сложности исходных кодов [1].

Вместе с тем, существует необходимость оценки иных характеристик программного обеспечения, в том числе связанных и с информационной безопасностью, которая, в общем случае, не ограничивается лишь обеспечением конфиденциальности.

Не представляет особой сложности привести примеры, в которых необходимы и более узкоспециализированные метрики безопасности. Например, позволяющие оценивать текущий уровень безопасности применения программного продукта, понимаемый как максимальное потенциально возможное количество присутствующих в исходном коде актуальной версии уязвимостей. Под уязвимостями понимаются недостатки программы, присутствующие в ее исходном коде и приводящие к нарушению информационной безопасности.

В настоящее время законодательно закрепленным критерием является срок эксплуатации программного продукта, по истечении которого требуется повторная проверка безопасности применения путем экспертного анализа его исходных кодов, а также факта внесения

модификаций исходного кода [2]. Однако срок эксплуатации – достаточно условная метрика, поскольку программный продукт, рассматриваемый как совокупность постоянно обновляемых текстов исходных кодов, значительно изменяется за это время. Также имеют место определенные неудобства для разработчиков программного обеспечения, связанные с необходимостью повторных сертификационных испытаний при любом изменении программных продуктов, в том числе выпуска обновлений. Поэтому востребованность объективных метрик, позволяющих охарактеризовать интенсивность внесения изменений и их давность (динамику развития программного продукта) очевидна.

В настоящее время среди метрик безопасности одной из наиболее общеупотребительных является плотность уязвимостей (дефектов) на единицу кода. Но использование данной метрики ограничивается лишь применением ее в качестве индикатора для временной оценки – практический смысл имеет лишь ее изменение в версиях программного продукта.

Таким образом, несмотря на доступность всей предыстории развития экземпляра программного обеспечения и исходных кодов на каждом из его этапов, процесс определения текущего уровня безопасности применения программного продукта представляет собой определенную сложность.

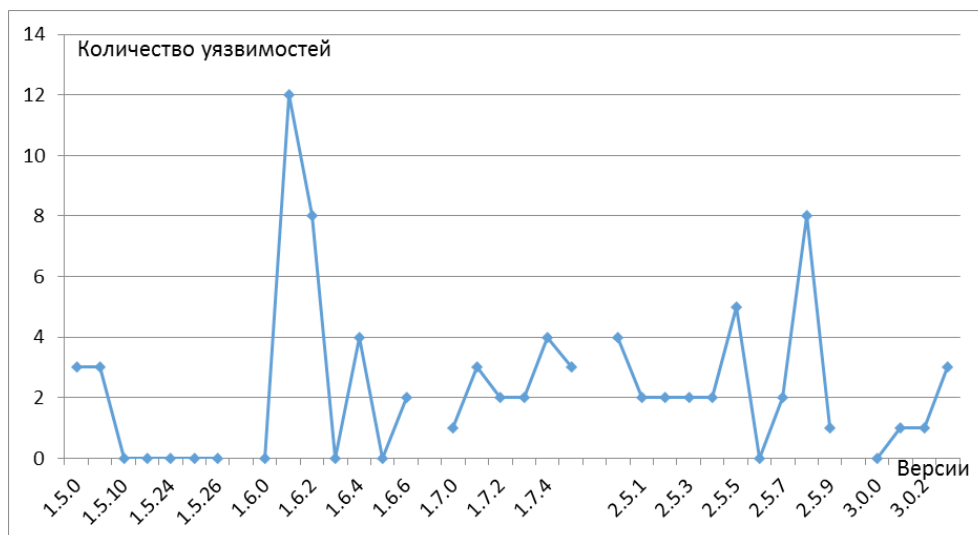
Целью данной статьи является изучение способов построения метрик динамики программного кода и визуализации истории разработки проектов.

Расчет метрик динамики

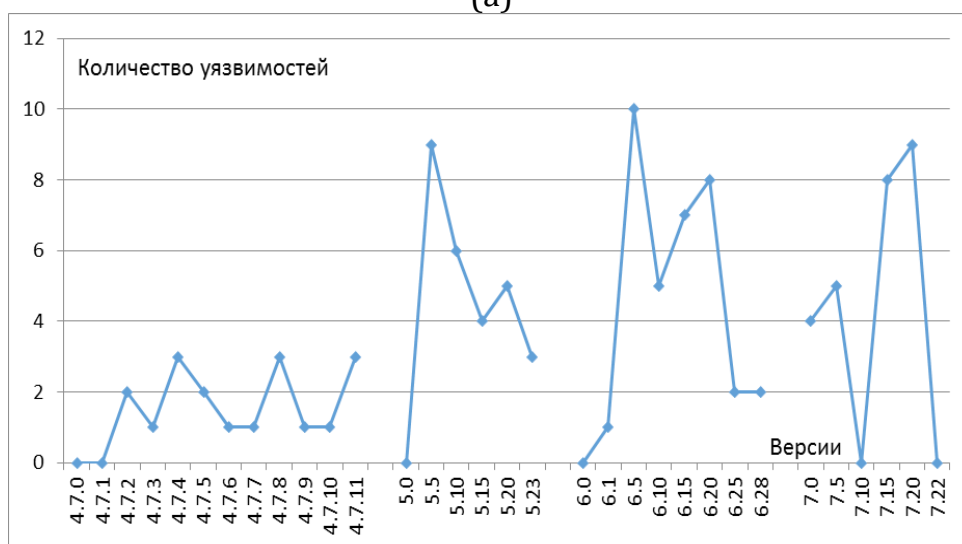
Развитие программного продукта (проекта) состоит из временных этапов. Актуальный набор исходных кодов, включающий все выпущенные ранее обновления и формируемый по окончании каждого из таких этапов, будем называть дистрибутивом.

В качестве метрик безопасности могут рассматриваться зависимости типа величины кода дистрибутива от времени (версии проекта), а также зависимости типа числа обнаруженных уязвимостей от времени. Сравнение проектов друг с другом может осуществляться с помощью таких показателей, как общее число уязвимостей за весь период развития, средний размер дистрибутива, отношение числа уязвимостей к среднему размеру дистрибутива и т.п.

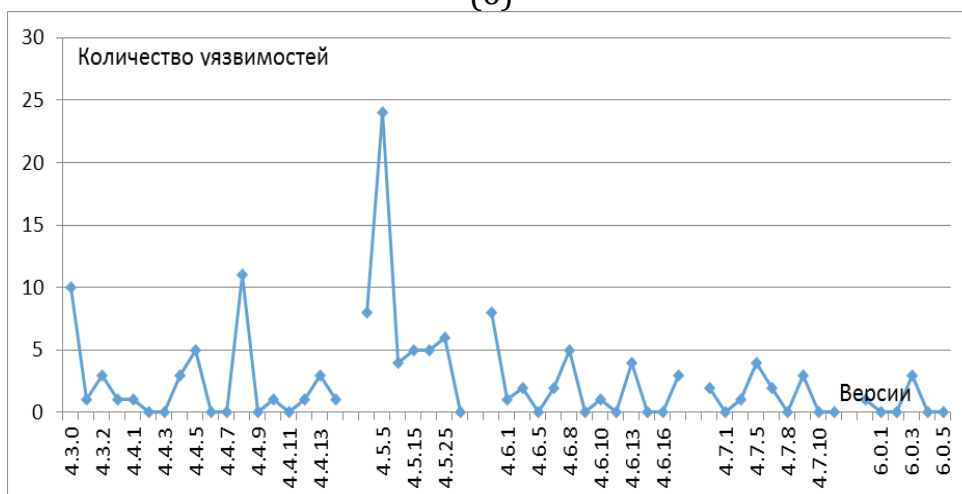
Например, на рисунке 1 представлены графики, показывающие количество обнаруженных и исправленных уязвимостей безопасности в проектах разработки популярных систем управления контентом веб-сайтов (CMS) Joomla, Drupal и TYPO3, а на рисунке 2 – зависимости общего количества строк кода от версии для тех же CMS. Можно было бы проводить некоторые сравнения приведенных на рисунках данных, однако проблемой такого подхода является то, что общее количество строк кода – весьма условный показатель.



(a)

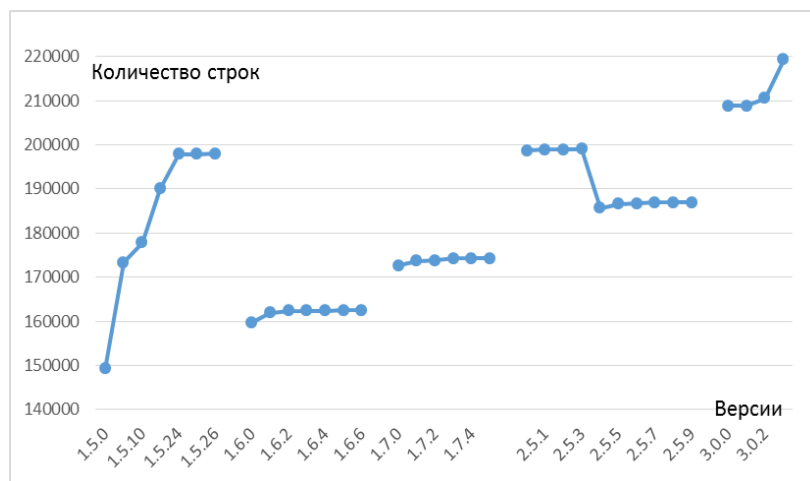


(б)

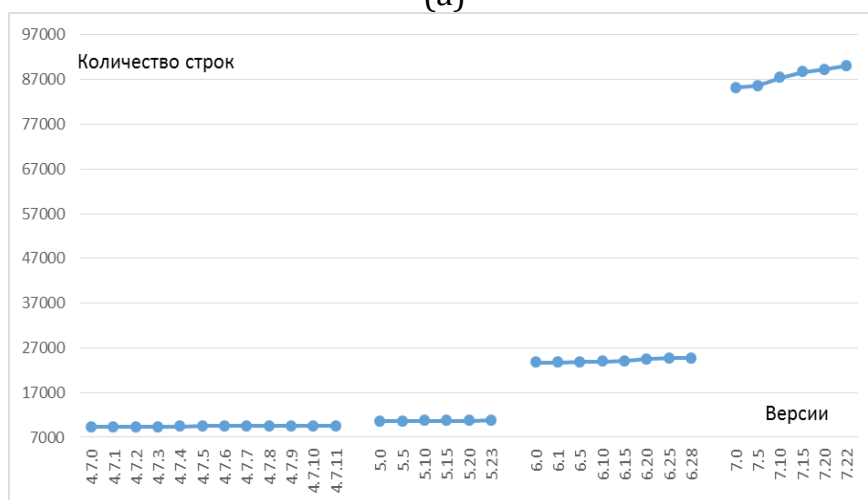


(в)

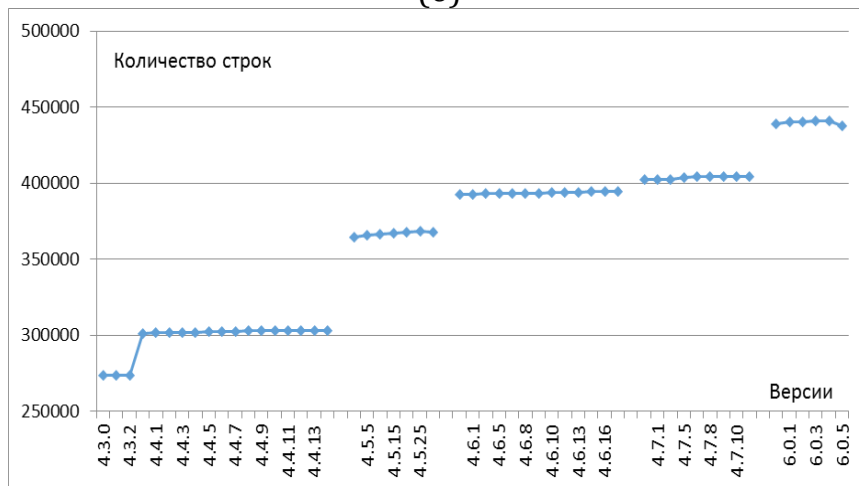
Рисунок 1. Зависимость количества исправленных уязвимостей от версии для CMS: а) Joomla, б) Drupal, в) TYPO3.



(а)



(б)



(в)

Рисунок 2. Зависимость общего количества строк кода от версии для CMS: а) Joomla, б) Drupal, в) TYPO3

Рассмотрим пример для проекта, состоящего из трех временных этапов, и обозначим v_n – объемы кода на n -ном этапе, $n \times 1, \dots, 3$. Тогда на втором этапе добавилось не менее $(v_2 - v_1)$ кода, а код третьего этапа

отличается от кода второго не менее, чем на $(v_2 - v_3)$. При этом код второго этапа может быть полностью новым, а на третьем этапе разработчики могли опять вернуться к исходному коду первого этапа. Таким образом, для анализа проекта нужна полная «карта кода» (или «кодовая карта»), например такая, как показано на рисунке 3.



Рисунок 3. Пример необходимой для анализа кодовой карты

Один из возникающих при этом вопросов – это вопрос автоматизации создания такой кодовой карты, поскольку число этапов разработки проекта может быть весьма велико.

Рассмотрим пример проекта из трех этапов со следующими допущениями:

- на любом этапе в дистрибутив может быть внесен код, который может просуществовать до любого из последующих этапов;
- если разработчик на каком-либо этапе исключает фрагмент кода из проекта, то на следующих этапах данный фрагмент кода не появляется.

Последнее предположение существенно ограничивает общность получаемого решения, однако на практике подобные случаи «прерываний» и локальных «откатов» достаточно редки, поскольку в процессе развития системы модернизируется ее функционал, и возврат к старому коду является, чаще всего, регрессом на промежуточном этапе.

Пусть N – число этапов, а r_{nm} – объем фрагмента кода, который присутствовал в дистрибутивах с n -го по m -ый этап ($m > n$).

Для рассматриваемого примера ($N = 3$) это выглядит так, как показано на рисунке 4.

Зная объемы дистрибутивов, можно записать N уравнений вида:

$$r_{13} + r_{12} + r_{11} = v_1;$$

$$r_{13} + r_{12} + r_{22} + r_{23} = v_2;$$

$$r_{13} + r_{23} + r_{33} = v_3.$$

Однако, поскольку всего имеется $N \cdot (N+1)/2$ неизвестных r_{nm} , необходимы еще $N \cdot (N-1)/2$ уравнений и дополнительные данные, процесс получения которых можно автоматизировать.

Потребуется утилита с допускающим автоматизацию интерфейсом, которая принимает на входе 2 текстовых файла, и выдает число совпадающих в обоих файлах строк (например, Beyond Compare [3]). При сравнении необходимо учитывать не только содержимое каждой строки, но

и порядок их следования относительно друг друга.

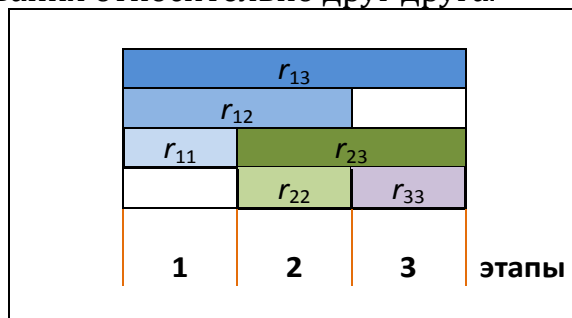


Рисунок 4. Схема распределения фрагментов кода в дистрибутивах

Дистрибутивы готовятся для анализа следующим образом:

- командный скрипт обходит все каталоги дистрибутива в определенном (например, алфавитном) порядке;
- копирует содержимое всех выполняемых (в примере с CMS – *.php) файлов (без учета комментариев), в один файл;
- утилита сравнивает все эти файлы попарно.

Пусть s_{nm} – объем кода, который совпадает при сравнении n -го и m -го дистрибутива. Тогда можно записать недостающие для решения относительно переменных r_{nm} системы уравнения:

$$r_{13} + r_{12} = s_{12};$$

$$r_{13} = s_{13};$$

$$r_{13} + r_{23} = s_{23}.$$

Таким образом, построение кодовой карты сводится к решению системы линейных уравнений.

Кодовая карта позволит более наглядно визуализировать процесс развития проекта по сравнению с графиками зависимости размера дистрибутива от стадии проекта и выводов, основанных на сравнении с ними других графиков.

Однако наиболее существенным является то, что знание значений переменных r_{nm} дает возможность вычислить ряд метрик динамики, которые позволят как сравнивать и характеризовать процесс развития программных проектов, так и осуществлять вычисление метрик безопасности. Например, общее количество оригинального кода, среднее время жизни кода, мгновенную и среднюю скорость изменения кода, коэффициенты сложности и безопасности проекта и другие.

Литература

1. Метрики кода и их практическая реализация в Subversion и ClearCase. Часть 1. [Электронный ресурс] URL: http://cmcons.com/articles/CC_CQ/dev_metrics/mertics_part_1 (Дата обращения: 06.09.2013).
2. Положение о сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации, утвержденное приказом председателя Государственной технической комиссии при Президенте Российской Федерации от 27 октября 1995 г. № 199.
3. Beyond Compare. [Электронный ресурс] URL: <http://www.scootersoftware.com/index.php> (Дата обращения: 06.09.2013).

Таланова М.О.

Российский университет дружбы народов, кафедра систем телекоммуникаций,
программист, matalanova@gmail.com

Анализ простейшей модели порогового управления перегрузками SIP-сервера

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Система, управление нагрузкой сервера, перегрузка SIP-сервера.

АННОТАЦИЯ:

В статье построена и проанализирована система с гистерезисным управлением нагрузкой SIP-сервера, которая использует один порог для управления перегрузками. Получены значения характеристик времени возврата из множества состояний перегрузки во множество состояний нормальной нагрузки – среднего и 95% квантили, для этих характеристик решена задача минимизации относительно выбора значения порога.

Введение

Пороговое управление нагрузкой позволяет избежать частых перегрузок SIP-сервера. Одним из способов управления перегрузками SIP-сервера [1] является гистерезисное управление нагрузкой, предложенное, напр., в [2].

Математическая модель SIP-сервера с гистерезисным управлением нагрузкой

Процесс обработки сообщений SIP-сервером можно описать с помощью системы массового обслуживания $M|M|1|L|B$ с конечной очередью размера B и гистерезисным управлением нагрузкой с порогом L , $L=1, B$ которая показана на рис. 1.

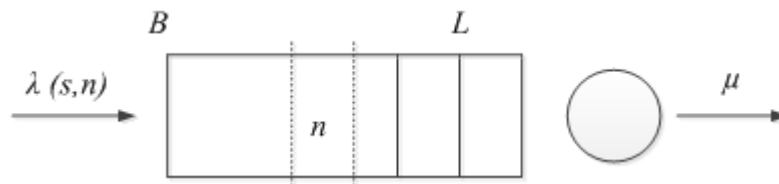


Рис. 1. Система с гистерезисным управлением нагрузкой

На систему поступает пуассоновский поток заявок с интенсивностью λ , время обслуживания заявки на приборе имеет экспоненциальное распределение с параметром μ . При поступлении на обслуживание заявка сохраняет за собой место в очереди, дисциплина выбора заявок из очереди на обслуживание FCFS. Система может функционировать в одном из двух режимов: режиме нормальной нагрузки ($s=0$) и режиме перегрузки ($s=1$). В режиме нормальной нагрузки при достижении длиной очереди значения

система переходит в режим перегрузки ($s=1$), в котором новые заявки не принимаются. Для предотвращения осцилляций интенсивность поступающего потока не восстанавливается до нормального значения λ , пока длина очереди не уменьшится до порога снижения нагрузки L .

Состояние системы имеет вид (s,n) , где $s \in \{0,1\}$ – статус нагрузки, а n – количество заявок в очереди, $n = \overline{0, B}$. Функционирование системы описывает марковский процесс (МП) $X(t)$, $t > 0$, с пространством состояний $X = X_0 + X_1$, где $X_0 = \{(s,n) : s=0, n=\overline{0, B-1}\}$ – множество состояний нормальной нагрузки, а $X_1 = \{(s,n) : s=1, n=\overline{1, B}\}$ – множество состояний перегрузки.

График интенсивности входящего потока, зависящей от состояния системы, представлен на рис.2. При нахождении системы во множестве X_0 интенсивность входящего потока заявок равна $\lambda > 0$. Если система находится во множестве X_1 , то $\lambda = 0$.

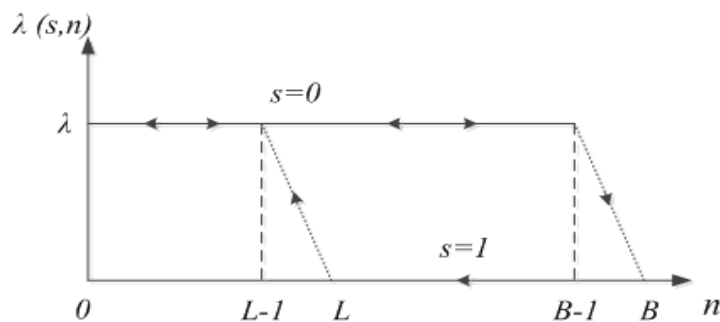


Рис. 2. Функция интенсивности потока заявок

Стационарные вероятности состояний процесса имеют вид:

$$p_{0,n} = \rho^n p_{0,0}, \quad n = \overline{0, L-1};$$

$$p_{0,n} = \frac{\rho^n - \rho^B}{1 - \rho^{B-L+1}} p_{0,0}, \quad n = \overline{L, B-1};$$

$$p_{1,n} = \frac{\rho^B (1 - \rho)}{1 - \rho^{B-L+1}} p_{0,0}, \quad n = \overline{L, B},$$

$$\text{где } p_{0,0} = \frac{1 - \rho - \rho^{B-L+1} + \rho^{B-L+2}}{1 - \rho^{B-L+1} - (B-L+1)\rho^{B+1} + (B-L+1)\rho^{B+2}} \text{ и } \rho \neq 1.$$

Пусть $\mathbf{P}(t) = (P_{(s,n),(r,m)}(t))_{(s,n),(r,m) \in \times}$ – матрица вероятностей переходов на интервале $[0,t)$ процесса $X(t)$. Найдем нестационарное распределение вероятностей. Матрица $\mathbf{P}(t)$ может быть записана следующим образом:

$$\mathbf{P}(t) = e^{\Lambda t} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\Lambda t)^n}{n!}, \quad t \geq 0,$$

где Λ – бесконечно малый оператор МП $X(t)$. Тогда вектор $\mathbf{p}(t)$ удовлетворяет уравнению

$$\mathbf{p}_{(s,n)}^T(t) = \mathbf{p}_{(s,n)}^T(0) \cdot \mathbf{P}(t), \quad t \geq 0,$$

где начальный вектор вероятностей представлен следующим образом:

$$\mathbf{P}_{(s,n)}(0) = \begin{cases} 1, (s,n) = (0,0) \\ 0, (s,n) \neq (0,0) \end{cases}.$$

Введем марковский процесс $\hat{X}(t)$ – усечение МП $X(t)$ с пространством состояний $\hat{X} = X_1 \cup \{(0, L-1)\}$. Пусть $\hat{\mathbf{P}}(t) = (\hat{P}_{(s,n),(r,m)}(t))_{(s,n),(r,m) \in \hat{X}}$ – матрица вероятностей переходов на интервале $[0, t)$ процесса $\hat{X}(t)$. Найдем нестационарное распределение вероятностей. Матрица $\hat{\mathbf{P}}(t)$ может быть записана следующим образом:

$$\hat{\mathbf{P}}(t) = e^{\hat{\Lambda}t} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(\hat{\Lambda}t)^n}{n!}, t \geq 0,$$

где $\hat{\Lambda}$ – бесконечно малый оператор МП $\hat{X}(t)$. Тогда вектор $\hat{\mathbf{p}}(t)$ удовлетворяет уравнению

$$\hat{\mathbf{p}}_{(s,n)}^T(t) = \hat{\mathbf{p}}_{(s,n)}^T(0) \cdot \hat{\mathbf{P}}(t),$$

где начальный вектор вероятностей представлен следующим образом:

$$\hat{\mathbf{p}}_{(s,n)}(0) = \begin{cases} 1, (s,n) = (1,B) \\ 0, (s,n) \neq (1,B) \end{cases}.$$

Обозначим τ_1 случайную величину времени пребывания заявок во множестве X_1 перегрузки (сброса нагрузки). В математической модели она равна интервалу времени от того момента, когда МП $X(t)$, достигший перегрузки, вошел во множество X_1 , то есть в состояние $(1,B)$, до момента, когда процесс вернулся во множество X_0 состояний нормальной нагрузки, то есть в состояние $(0, L-1)$. В физической модели технической системы (SIP-сервера) случайная величина τ_1 соответствует времени функционирования SIP-сервера в режиме перегрузки, когда управление включено и происходит просеивание входящего потока сообщений. Величина τ_1 называется временем возврата во множество состояний нормальной нагрузки [3].

Функция распределения $F_{\tau_1}(t)$ случайной величины τ_1 имеет вид

$$F_{\tau_1}(t) = \hat{P}_{(0,L-1)}(t), t \geq 0.$$

Значение 95% квантили случайной величины τ_1 находится следующим образом:

$$F_{\tau_1}(\tau_1^{0.95}) = 0.95.$$

Получены формулы для расчета следующих вероятностно-временных характеристик системы. Вероятность потери заявки, соответствующая вероятности того, что SIP-сервер перегружен и не принимает сообщения на обработку:

$$P(X_1) = \sum_{n=L}^B p_{1,n}. \quad (1)$$

Средняя длина очереди, соответствующая среднему числу сообщений, ожидающих начала обработки SIP-сервером:

$$MQ = \sum_{n=0}^{B-1} kp_{0,n} + \sum_{n=L}^B kp_{1,n}. \quad (2)$$

Среднее время пребывания системы во множестве состояний перегрузки, соответствующее среднему времени функционирования SIP-сервера в режиме перегрузки, когда управление включено:

$$M\tau_1 = \mu^{-1}(B - L + 1). \quad (3)$$

Среднее время от момента попадания системы во множество состояний нормальной нагрузки до момента следующего попадания системы в это же множество, соответствующее среднему времени цикла управления SIP-сервера:

$$M\tau = \frac{M\tau_1}{P(X_1)}. \quad (4)$$

Коэффициент вариации случайной величины τ_1 :

$$Cov\tau_1 = \frac{1}{\sqrt{B - L + 1}}. \quad (5)$$

Мгновенное среднее числа заявок в системе в момент времени t :

$$n(t) = \sum_{n=0}^{B-1} np_{0,n}(t) + \sum_{n=L}^B np_{1,n}(t). \quad (6)$$

По формулам (1)-(5) для исходных данных $B=100$, $L=86$, $\rho=1.2$, $\mu=200$ с⁻¹ получены следующие результаты:

$$P(X_1)=0.166667, \quad MQ=88, \quad M\tau_1=0.075 \text{ с}, \quad M\tau=0.45 \text{ с},$$

$$Cov\tau_1=0.258199.$$

На рис. 3 представлен полученный по формуле (6) график мгновенного среднего числа заявок в системе в зависимости от времени t .

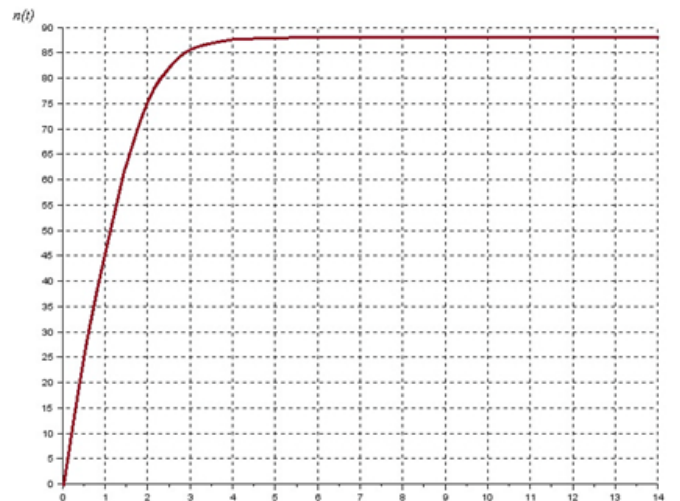


Рис. 3. Мгновенное среднее числа заявок $n(t)$ в системе

Задачи оптимизации параметров управления

Одной из основных задач при управлении перегрузками SIP-сервера

является минимизация времени пребывания сервера в состоянии перегрузки. Однако при этом следует учитывать, что вероятность потери сообщений не должна превышать определяемый международными стандартами уровень γ_1 , а цикл управления не должен быть слишком коротким (меньше, чем γ_2) во избежание частого переключения управления. Таким образом, сформулированы две задачи оптимизации:

5. минимизировать среднее время возврата из множества состояний перегрузки во множество состояний нормальной нагрузки относительно выбора порога L так, чтобы выполнялись требования $R1 - R2$:

$$M\tau_1(L) \rightarrow \min;$$

$$R1: P(X_1) \leq \gamma_1;$$

$$R2: M\tau \geq \gamma_2,$$

6. минимизировать значение 95% квантили величины относительно выбора порога L так, чтобы выполнялись требования $R1 - R2$:

$$\tau_1^{0.95}(L) \rightarrow \min;$$

$$R1: P(X_1) \leq \gamma_1;$$

$$R2: M\tau \geq \gamma_2.$$

Задачи оптимизации решены для $\gamma_1=0.2$, $\gamma_2=0.45$ с, получены следующие результаты:

1. $M\tau_1(86)=0.075$ с, то есть минимальное время 0.075 секунды пребывания системы в состоянии перегрузки достигается при значении порога $L=86$.
2. $\tau_1^{0.95}(86)=0.10944$, то есть минимальное время, через которое с вероятностью 0.95 система выйдет из состояния перегрузки, составляет 0.10944 секунды и достигается при том же значении порога $L=86$.

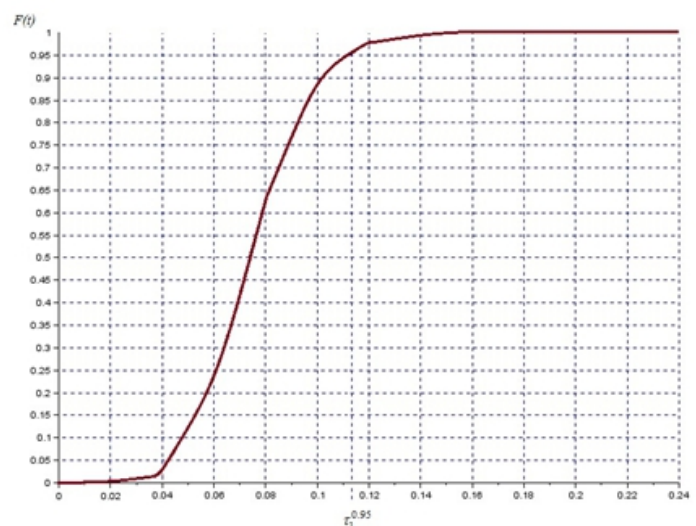


Рис. 4. Функция распределения

Функция распределения случайной величины времени пребывания системы во множестве состояний перегрузки, необходимая для решения задачи оптимизации значения 95% квантили величины, для $L=86$ построена

на рис. 4.

Из графика на рис. 4 видно, что с вероятностью 0.95 время пребывания системы $M|M||86|100$ во множестве состояний перегрузки не превышает 0.10944 с, но через 0.16 секунд после начала пребывания в таком множестве состояний с вероятностью 1 система вернется во множество состояний нормальной нагрузки.

Заключение

Принятые в настоящее время стандарты и целый ряд научных публикаций не дают подробного анализа порогового управления перегрузками SIP-сервера. В данной статье приведен пример расчета наиболее актуальных вероятностных параметров качества функционирования системы с гистерезисным управлением перегрузками.

Литература

1. Rosenberg J., Schulzrinne H., Camarillo G. et al. SIP: Session Initiation Protocol // RFC 3261. – 2002.
2. Абаев П.О., Гайдамака Ю.В., Самуйлов К.Е. Гистерезисное управление нагрузкой в сетях сигнализации // «Вестник РУДН. Серия «Математика. Информатика. Физика».» – М.: Изд-во РУДН. – 2011. – №4. 55-73 с.
3. Ю.В. Гайдамака, М.О.Таланова Построение системы с однопороговым гистерезисным управлением для анализа управления перегрузками SIP-сервера // Сборник трудов Всероссийской научной конференции «Современные тенденции развития теории и практики управления в системах специального назначения», 15 мая 2013 г. – 33-34 с.

**СЕКЦИЯ 6. НАУЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В
ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ**

Васильев В.Н.¹, Осипов В.П.²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,
профессор, a.n.vasilyev@gmail.com

²ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, в.н.с., osipov@keldysh.ru

Об актуальных задачах и рациональной концепции прикладного моделирования транспортных систем

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Транспортные системы, моделирование, алгоритм
высокопроизводительных вычислений, вычислительный
эксперимент.*

АННОТАЦИЯ:

В статье обсуждаются методы прикладного математического, имитационного и системного моделирования и отвечающие им новые алгоритмы высокопроизводительных вычислений, необходимые для повышения роли вычислительного эксперимента в фундаментальных и прикладных исследованиях транспортных процессов и систем. Разрабатываемые методы и средства могут быть адаптированы к многопроцессорным вычислительным системам (МВС) гибридной архитектуры.

Введение

Как в России, так и за рубежом транспортные задачи все еще представляют существенную проблему с точки зрения практического применения имеющихся инструментов моделирования к ситуациям масштаба мегаполисов или крупных городских агломераций. Достаточно отметить, что в конце 80-х начале 90-х в США проблемы исследования транспортных систем были возведены в ранг проблем национальной безопасности.

В настоящее время в США под эгидой Департамента Транспорта осуществляется 8 крупных пилотных проектов по внедрению технологий ИТС (интеллектуальных транспортных систем). Наиболее значимыми являются Даллас, Миннеаполис и Сан Диего. Все эти проекты объединены общим термином Управление Интегрированным Коридором (Integrated Corridor Management – ICM). «Интегрированный» подразумевает взаимодействия различных элементов транспортной системы – водителей, общественного транспорта, служб первой помощи, патрульно-постовых служб.

Организация за рубежом масштабных исследований по транспортному моделированию и сопутствующим системным проблемам отражает потребность в совершенствовании и разработке новых вычислительных и информационных технологий.

Сложность моделей больших транспортных систем может быть минимально оценена четвертой степенью количества узлов транспортной сети, что для мегаполисов масштаба Москвы (около 10^5 вершин транспортного графа) приводит более чем к экзафлопным (10^{18} операций в секунду) вычислительным потребностям и демонстрирует неизбежную необходимость использования суперкомпьютерных мощностей даже для расчетов агрегированных моделей.

Существенной особенностью прикладных транспортных задач являются исходные данные для идентификации математических моделей, сбор, накопление, предварительная обработка и верификация которых являются сами по себе чрезвычайно трудоемкими и дорогостоящими задачами. При этом почти всегда получаемые данные являются лишь некоторым весьма неточным приближением (а порой и неполным описанием) наблюдаемой реальности. Важной особенностью является существенная разнородность имеющихся данных (например, по Москве: данные с радарных датчиков (1000 шт.), с видеокамер (500 шт.), данные о треках автомобилей и скоростях на треках (100 000 треков ежедневно)). Другим немаловажным моментом является неполнота данных. Все это приводит к тому, что для правильного (адекватного) описания транспортных потоков потребуется опираться и на неклассические методы, сочетая их с традиционными методами математического (информационного) моделирования.

Анализ проблем и применяющихся методов моделирования

В мировой практике транспортное моделирование базируется на использовании широкого спектра моделей. Начавшись с классических работ [1], описавших статическую равновесную модель с фиксированным спросом, это направление в настоящее время охватывает стохастические и динамические постановки [2]. Происходит интеграция транспортных моделей и моделей, описывающих процессы расселения и формирования рынков труда [3].

Для расчетов транспортных потоков в соответствии с этими моделями используются современные алгоритмические разработки [4].

Сегодня имеется обширная литература по изучению и моделированию транспортных потоков. Несколько академических журналов посвящены исключительно динамике автомобильного движения. Наиболее крупными являются Transportation Research, Transportation Science, Mathematical Computer Simulation, Operation Research, Automatica, Physical Review E, Physical Reports. Количество публикуемых статей исчисляется сотнями.

Однако, большинство классических моделей, основанных на гидродинамической аналогии, предполагают справедливость гипотезы о том, что состояние устойчивого равновесного состояния в системе достигается при максимуме характеризующей её энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона и выполнении некоторых дополнительных условий,

учитывающих конечность ресурса, содержащегося в системе. Впервые концепция энтропии для определения наиболее вероятного распределения поездок между зонами (при однородной цели поездок, при заданных объёмах выездов, въездов и фиксированных полных затратах) была сформулирована в работе [5]. В настоящее время существует широкий спектр различных по сложности моделей, основанных на этом подходе.

Вместе с тем, в основе статистики Гиббса, на которой определено понятие энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона, лежит предположение о полном перемешивании потока «фазовых точек» в фазовом пространстве (гипотеза молекулярного хаоса). Это означает, что любая выделенная область фазового пространства приобретает по истечении достаточно длительного времени настолько хорошо развитую хаотическую структуру, что точки (элементы) сложной системы могут располагаться в любой её конечной части. При этом стохастический процесс имеет марковский характер, а гипотеза перемешивания, дополненная предположением о бесконечном числе степеней свободы, приводит к каноническому (экспоненциальному) распределению вероятности состояний Больцмана-Гиббса-Шеннона, из которого следует свойство аддитивности экстенсивных термодинамических переменных, в частности, энтропии. Вместе с тем, система городского автотранспорта относится, в общем случае, к числу систем, проявляющих более сложное (неаддитивное) поведение. Для этой системы характерна относительно слабая хаотизация фазового пространства, при которой экспоненциально быстрое перемешивание приобретает другой (во многих случаях степенной) характер, причём её поведение зачастую определяется практически недостижимыми состояниями. Реалистичной модели передвижения автотранспортных средств (АТС) присущи некоторые специфические свойства: априорная мотивация движения АТС, эффекты дальнего действия и памяти, приводящие к нарушению гипотезы полного хаоса. Другими словами, транспортная система принадлежит к так называемым сложным (аномальным) системам, в которых наблюдается сильное взаимодействие между отдельными АТС, не марковость динамического процесса, что приводит, в конечном счёте, к нарушению свойства аддитивности энтропии. Именно в силу перечисленных причин моделирование на основе классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона не является вполне адекватным. В связи с этим, интересен подход к построению транспортных моделей, базирующийся на формализме неаддитивной статистики Тсаллиса [6].

Наблюдаемый стремительный прогресс в методах и вычислительных средствах моделирования сложных систем, в частности, Больших Транспортных Систем (БТС), создает проблему передачи знаний новому поколению студентов, молодых ученых и специалистов. Очевидно, что использование специалистами-транспортниками в процессе научной и практической деятельности, особенно при выборе и экспертной оценке предлагаемых решений, только базовых знаний, полученных в высшем

учебном заведении, заведомо недостаточно. Появление новых вычислительных методов и специализированного математического обеспечения определяет мотивацию выпускников ВУЗов, ученых, специалистов и экспертов на регулярное получение новых знаний, необходимых для поддержания высокого уровня разработок и собственной работоспособности в научных и прикладных исследованиях.

Создаются виртуальные математические лаборатории, в которых формируется виртуальный образ объекта исследования и проводятся вычислительные эксперименты с использованием математических и компьютерных моделей физических явлений.

На сегодняшний день на мировом рынке представлен достаточно большой перечень пакетов прикладных программ. Среди них PTV-Vision, AIMSUN, PARAMICS, Aurora, EMMI-3, TRANS-CAD, CUB, TRANSIMS, MITSIM и другие. Большинство из них обладают широкими возможностями в области моделирования, оптимизации, проектирования и анализа транспортной сети.

В настоящее время основными вычислительными средствами при проведении расчетных исследований различных задач в научно-образовательном процессе являются рабочие станции и персональные ЭВМ (ПК) с уровнем производительности 10^3 Мфлпс (1 флпс – 1 операция с плавающей точкой в секунду). Такая производительность позволяет исследовать лишь частные задачи, возникающие в различных областях.

Наиболее эффективно использование средств транспортного моделирования для практических задач возможно с привлечением многопроцессорных компьютеров с широким распараллеливанием процессов вычислений. В России с конца 80-х годов в различных организациях ведутся работы по разработке параллельных алгоритмов и программ. При этом используются ЭВМ с различной архитектурой. Наиболее известными из них являются суперкомпьютеры семейства МВС-1000 и «Скиф», относящиеся к семейству параллельных компьютеров и представляющие собой мультипроцессорный массив, объединенный с внешней дисковой памятью и устройствами ввода-вывода информации под общим управлением персонального компьютера или рабочей станции. К настоящему времени в России введены в действие многопроцессорные вычислительные системы с производительностью на уровне до 500 Терафлпс. Последние достижения в развитии многопроцессорных систем связаны с появлением в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН многопроцессорного компьютера гибридной архитектуры (К-100), с применением графических плат. В таких системах существенно (до 10 раз) снижается энергопотребление при пиковой производительности.

В последнее десятилетие, в том числе и в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, активно развивается новая форма организации вычислительных средств, получившая название ГРИД. Эта организация вычислений основывается на том, что современные телекоммуникационная аппаратура и каналы связи

дают возможность интегрировать разнесенные на любые расстояния компьютерные установки разных типов и назначений.

Взрывной рост сети ИНТЕРНЕТ и массированные инвестиции в ее развитие создают новые возможности и новые проблемы. Возможности связаны с появлением уникальной глобальной среды распределенных вычислений и хранения информации, проблемы – с тем, что сеть "наполняется содержанием" существенно медленнее, чем развивается коммуникационная инфраструктура. Так, теоретически обоснована и получает аппаратную базу "сетевая" модель вычислений, представляющая логическое развитие клиент-серверного подхода. Однако если развитие клиентской стороны уже привело к появлению сначала концепции, а недавно – и промышленных образцов "сетевых компьютеров" (NC, NetPC), то развитие серверной, "содержательной" стороны практически во всех предметных областях заметно отстает.

О междисциплинарном проекте моделирования БТС

Моделирование многоуровневой БТС представляет собой междисциплинарный проект, реализация которого требует системных исследований в области ИТ и предполагает участие специалистов из разных предметных областей. Попытка объединения интересов и усилий отдельных групп ученых России под эгидой ИПМ им.М.В.Келдыша РАН сделана в проектах по транспортной тематике, поддержанных РФФИ.

Информационные процессы

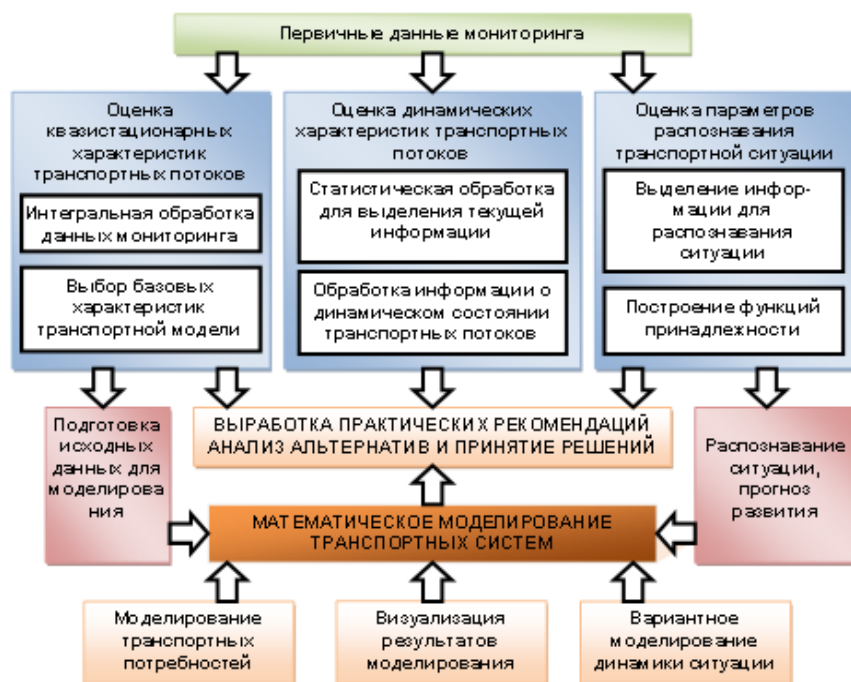


Рис. 1. Информационные процессы

Задача создания такого системного программного обеспечения – не техническая, а фундаментальная. Известно, в основном по опыту применения зарубежных программных комплексов, что в транспортной области многие прикладные программы работают с большими массивами данных, организованных в соответствующие базы. Наличие разнородных программных продуктов создает значительные проблемы как при организации их взаимодействия с базами данных, так и для работы пользователей. Основным отличием создаваемых в проекте концепций, методического и программного обеспечения интегрированной среды (информационно-вычислительной системы) транспортного моделирования, является то, что они дадут возможность исследователю использовать единые принципы, методы, алгоритмы, интегрированные в среде моделирования. Удобный пользовательский интерфейс при обращении к прикладным программам и базам данных, подготовке входных данных для программ, визуализации, анализе и архивировании результатов расчетов позволит повысить культуру прикладного моделирования. Такая система неминуемо должна иметь свое собственное представление данных и средства манипулирования ими; только при этом возможна организация "конвейера", обеспечивающего анализ конкретных задач всеми доступными методами, реализованными в базах данных и пакетах прикладных программ. Наличие таких средств является обязательным при создании и внедрении регламентов прикладного транспортного моделирования.

Растущие потребности в информатизации и автоматизации исследовательской, экспертной и образовательной деятельности по изучению транспортных процессов и систем, процессов проектирования и управления транспортной инфраструктурой мегаполисов и больших транспортных систем регионов и России в целом делают актуальной проблему создания рациональной концепции и методического обеспечения эффективного применения на практике суперкомпьютерных технологий прикладного математического, имитационного и системного моделирования транспортных процессов и систем. В рамках указанной проблемы должна быть решена фундаментальная задача системной интеграции комплекса методов и средств информационной и аналитической поддержки исследовательской, экспертной и образовательной деятельности по изучению транспортных потоков и систем и подготовки специалистов необходимого уровня.

Общая методология прикладного моделирования и системных исследований опирается на междисциплинарный базис, который включает в себя:

1. Комплекс методов, алгоритмов и программного обеспечения семейства взаимосвязанных транспортных моделей различных типов и уровней – вероятностных, статических и динамических микро-, мезо- и макромоделей, в том числе:

- моделей транспортной инфраструктуры, являющихся поставщиком данных для моделей транспортного спроса и движения;
- моделей транспортного спроса – необходимых для долгосрочного прогнозирования изменений транспортной ситуации в больших городах и экспертизы планировочных градостроительных и проектных инфраструктурных решений с точки зрения транспортного обслуживания;
- моделей транспортного движения, обеспечивающих краткосрочное прогнозирование развития транспортной ситуации, динамический анализ текущего транспортного процесса, оценку различных вариантов решений по управлению транспортным процессом на локальном уровне, уровне сегмента транспортной сети и общегородском уровне;

2. Методы планирования и проведения вычислительных экспериментов на комплексах математического и имитационного моделирования транспортных потоков;

3. Принципы системной интеграции в информационно-моделирующей среде взаимосвязанных транспортных моделей и их программного обеспечения на основе «каркасного метода» проектирования и сборки пакетов прикладных программ [7]. («Каркасный метод» позволит осуществить масштабируемость программно-аппаратной платформы под задачи различной сложности и размера.)

4. Принципы унификации основных процедур подготовки и проведения вычислительного эксперимента в информационно-моделирующей среде, обеспечивающие переход к разработке и внедрению регламентов прикладного моделирования в интересах решения задач проектирования, прогнозирования и экспертиз транспортных процессов и систем.

Область исследований является уникальной по нескольким причинам:

- впервые проводится исследование возможностей и эффективности применения для решения прикладных транспортных задач многопроцессорной вычислительной системы (МВС) гибридной архитектуры типа К-100;
- впервые формулируются и решаются комплексные междисциплинарные проблемы, связанные с созданием интегрированной системы – Сетевой Компьютерной Лаборатории (СКЛ) – в виде информационно-моделирующей среды, объединяющей информационные, вычислительные и образовательные ресурсы в области транспортного моделирования;
- впервые реализуется принцип масштабируемости предлагаемых решений, который откроет возможность тиражирования полученных результатов и дальнейшей коммерциализации их в процессе

внедрения и адаптации системы в регионах и областных центрах.

Новизна подходов и методов решения задач при выполнении проекта в целом будет связана с критическим анализом фундаментальных основ современного транспортного моделирования, разработкой новых алгоритмов и корректных композиций алгоритмов, проблемно-ориентированных методов предварительной обработки и анализа исходных данных для моделирования, созданием программных средств, обеспечивающих прямое комплексное моделирование транспортных систем с заданной точностью на МВС гибридной архитектуры с широким распараллеливанием процессов вычислений.

Впервые предполагается провести критический анализ теоретических основ модели транспортных потоков, построенных на гидродинамической аналогии. Будет исследована справедливость гипотезы о том, что состояние устойчивого равновесия транспортной системы достигается при максимуме характеризующей её энтропии больцмановского типа при выполнении дополнительных условий и ресурсных ограничений [8]. Будут разработаны гидродинамические и квазигидродинамические фундаментальные модели, базирующиеся на неэкстенсивной статистике Тсаллиса. На их основе будут сконструированы более адекватные макроскопические и мезоскопические модели движения автотранспортных систем, относящихся к циклу так называемых аномальных коммуникационных систем, для которых соответствующее фазовое пространство обладает сложной (фрактальной) структурой. Для таких систем имеет место нарушение классической статистики Больцмана-Гиббса и связанной с ней аддитивности экстенсивных переменных. При кинетическом выводе базовых гидродинамических и квазигидродинамических уравнений для транспортных систем в рамках формализма деформированной статистики Тсаллиса их традиционная структура не изменяется, но получаемые при этом уравнения состояния, а также коэффициенты переноса содержат два дополнительных свободных параметра – параметр неаддитивности системы q и дробную размерность D фазового пространства. Наряду с параметром сглаживания τ , эти параметры могут быть определены в каждом конкретном случае эмпирическим путем из статистических данных, что позволяет при математическом описании транспортных систем более обоснованно моделировать в рамках континуального подхода реально складывающуюся дорожно-транспортную обстановку [9] как для развития теории транспортного потока, так и для уточнения интерпретации экспериментальных данных о трафике.

Добиться новых и оригинальных результатов предполагается также за счет того, что комплекс транспортных моделей и пакетов прикладных программ, содержащих методы микро-, мезо- и макро моделирования, будет включать как широко применяемые в транспортном моделировании методы и алгоритмы (гравитационные, гидродинамические, клеточных

автоматов и др.), так и оригинальные методы, пока не используемые в коммерческих программных продуктах транспортного моделирования [10]. Будут исследованы перспективы применения новых технологий моделирования на основе нейронных сетей и эволюционных принципов, обладающих серьезным потенциалом в анализе динамических процессов [11]. Искусственные нейронные сети характеризуются хорошими регуляризирующими и прогностическими свойствами – они с успехом могут быть применены к решению соответствующих нестандартных – некорректных или плохо поставленных – задач. Нейросетевые алгоритмы обладают естественным параллелизмом. Привлекает то, что построение нейросетевой модели реального объекта или процесса осуществляется на основе как формализуемых, так и не формализуемых данных. Кроме того, возможно определение или уточнение коэффициентов нейросетевой модели и, при необходимости, её структуры по пополняемым данным наблюдений за трафиком. Построение иерархической нейросетевой модели позволит связать процессы на всех трех уровнях рассмотрения большой транспортной системы. Будут проанализированы и использованы возможности нейросетевого подхода и для аппроксимации решений типовых транспортных задач.

Методическая сложность проблем, решаемых в проекте, приводит к необходимости выбора «золотой середины». Важно разработать такой класс моделей, позволяющий так описывать транспортные системы, чтобы, с одной стороны число, калибруемых параметров модели позволяло максимально учитывать имеющиеся данные, а с другой стороны, чтобы этот класс моделей обеспечивал минимально возможную ошибку после идентификации (калибровки). Кроме того, придется учесть, что структура транспортной сети и её «размерность» заметно отличает российские объекты транспортной инфраструктуры от зарубежных в сторону большей сложности. Так, например, в странах с развитой инфраструктурой, как правило, имеется четко выраженная система из крупных автомагистралей, и управление транспортной сетью, в основном, сводится к управлению въездами на эти магистрали. Или сформирована система запретов на въезд личного автотранспорта в определенные районы (обычно – Центр) мегаполиса, подкрепленная хорошо налаженной системой общественного транспорта. В России подобная культура транспортного строительства только развивается.

Перечисленные особенности требуют разработки и использования более эффективных вычислительных алгоритмов решения задач с возможностью распараллеливания и применения суперкомпьютеров. В рамках данного проекта впервые будут разработаны методы естественного распараллеливания большой задачи, основанные на применении новых способов агрегированного описания транспортных процессов на графе транспортной сети, учитывающих не только степень связанности графа, но и влияние транспортных процессов в соседних зонах друг на друга.

Предполагается, что разделение на зоны будет адаптивным, в зависимости от транспортной ситуации.

В процессе выполнения работ впервые будет проведен подробный анализ содержания прикладного транспортного моделирования и методов планирования экспериментов в современном понимании проблем, рассмотрен концептуальный базис построения среды моделирования динамических транспортных систем и технологии планирования эксперимента с использованием принципов обработки информации в мультипроцессорной вычислительной среде. Будет предложена стратегия и тактика планирования эксперимента при реализации принципа конкурентных вычислений. Принцип конкуренции при выборе вычислительной технологии позволит обеспечить сравнительный анализ результатов оценки транспортной ситуации с использованием ряда традиционных и новых алгоритмов и моделей [12].

Среда моделирования

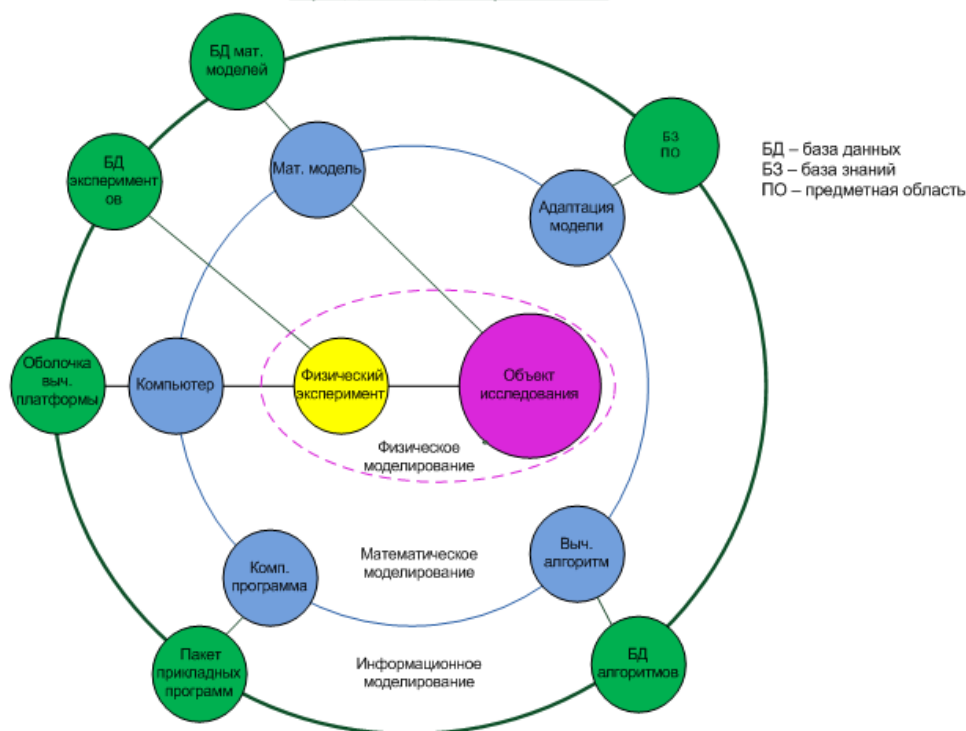


Рис. 2. Компоненты среды моделирования (эта схема среды моделирования – естественное обобщение триады модель-алгоритм-программа А.А.Самарского)

Технологии и методы планирования и организации вычислительного эксперимента, включая методы, алгоритмы и компьютерные средства поддержки принятия решений, при определении потребного уровня достоверности моделирования строятся на использовании прикладного физического, математического и информационного моделирования сложных динамических систем, применении современных принципов автоматизации и компьютеризации научных исследований, технологиях анализа и документирования результатов.

Необходимость использования при проектировании транспортных

систем сложнейших математических моделей и развитых программно-аппаратных средств требует разработки и внедрения новых форм организации вычислительных экспериментов, комплексного учета данных реальных измерений параметров транспортного потока и результатов моделирования. Будет предложена новая методология вычислительного эксперимента для транспортных задач, интеллектуальной основой которой являются идеи интеграции средств математического моделирования в среду моделирования на основе информационных технологий.

К числу важнейших проблем прикладных исследований относится оценка достоверности результатов моделирования. Будет предложена новая схема организации вычислительного эксперимента, направленная на повышение эффективности моделирования и достоверности получаемых оценок.

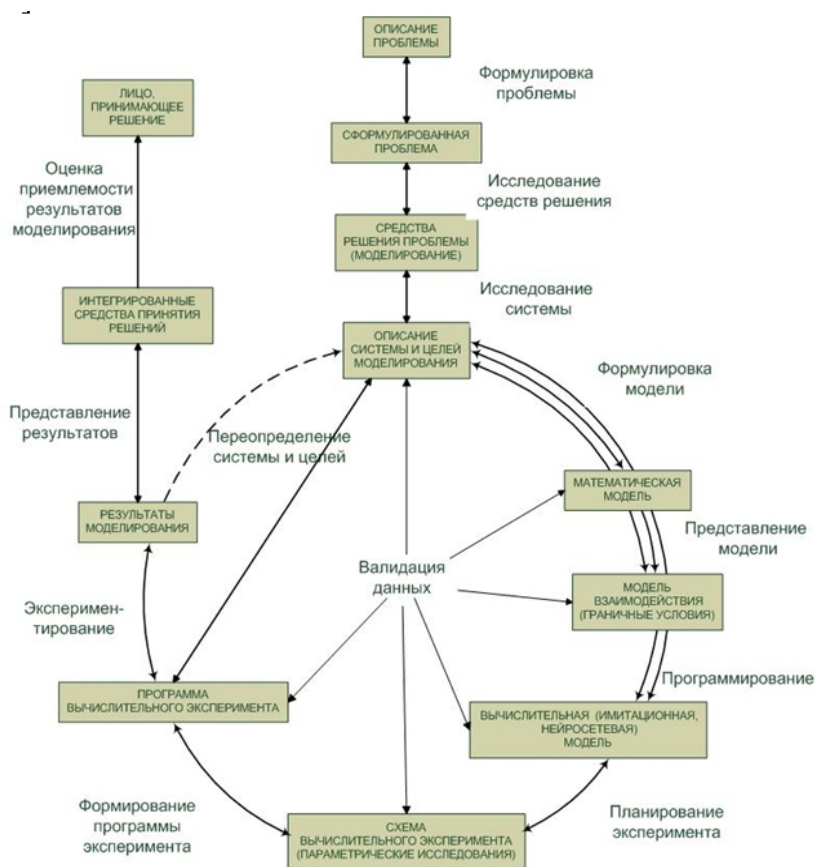


Рис. 3. Вариант схемы Балчи

Будут получены рекомендации для оценки достоверности (адекватности) результатов математического моделирования, в том числе с учетом неопределенности в исходных данных и неполноты информации о внешних воздействиях. Важное место будет отведено компьютерным методам поддержки принятия решений при планировании вычислительных экспериментов, разработке критериального базиса оценки достоверности, развитию методологической схемы валидации моделей, разработке программных средств для информационной

поддержки принятия решений при планировании вычислительных экспериментов с использованием ресурсов Сетевой Компьютерной Лаборатории [13].

Новым в проекте является и то, что исследования ориентируются на развитие прикладного потенциала результатов проекта, который будет связан с отработкой принципов унификации основных процедур транспортного моделирования и сетевого доступа к важнейшим расчетным пакетам, входящим в информационно-моделирующую среду, соответствующим базам данных и знаний, обоснованием эффективности применения типовых регламентов моделирования.

Разработанное в проекте методическое обеспечение помимо основного назначения будет содержать в себе и образовательный потенциал, который может быть использован в соответствующих целях.

Заключение

Объединение информационных, вычислительных и образовательных ресурсов обусловлено острой необходимостью подготовки ученых и специалистов, обладающих навыками эффективного применения современных средств математического моделирования транспортных процессов, проектирования транспортных сетей, оценки эффективности принимаемых решений по развитию транспортной инфраструктуры в мегаполисах и России в целом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 13-01-00781 а, 13-01-12046 офи_м.

Литература

22. Beckmann, M. J., McGuire, C. B., Winston, C. B. Studies in the Economics of Transportation, 1956.
23. Sheffi, Y. Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Pren, 1985.
24. Brueckner, J. K., "The structure of urban equilibria: A Unified treatment of the Muth-Mills model"// Edwin S. Mills, ed., Handbook of Regional and Urban Economics, Vol. 2 of Handbooks of Economics, North-Holland, 1987, chapter 20, pp. 821–845.
25. Ferris, Michael C., Alexander Meeraus, and Thomas F. Rutherford, "Computing Wardropian Equilibria in a Complementarity Framework," Optimization Methods and Software, 1998, 10, 669–685.
26. Wilson A.J. A statistical theory of spatial distribution models// Transp. Res. 1967. – V.I. – P. 253-269.
27. Tsallis C., Mendes R.S., Plastino A.R. The role of constraints within generalized Nonextensive statistics// Physica A. 1998. – V. 261. – P. 534-554.
28. Горбунов-Посадов М.М. Расширяемые программы. – М.: Полиптих, 1999. – 336 с.
29. Wilson A.J. A statistical theory of spatial distribution models// Transp. Res. 1967. – V.I. – P. 253-269.
30. Колесниченко А.В. Конструирование энтропийной транспортной модели на основе статистики Тсаллиса. – М.: Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, 2013. – 23 с.
31. Четверушкин Б.Н., Трапезникова М.А., Фурманов И.Р., Чурбанова Н.Г. Микро- и макроскопические модели для описания движения автотранспорта на многополосных магистралях // Труды МФТИ – 2010. – Т. 2, № 4(8). – с. 163-168.
32. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
33. Нечаев Ю.И., Осипов В.П. Концептуальный базис создания интегрированного вычислительного комплекса поддержки принятия решений// Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2011. – №6. – с. 13-18.
34. Васильев А.Н., Осипов В.П. Концепции и принципы рациональной схемы прикладного моделирования// Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2011. – №6. с. 29-37.

Васильев А.Н.¹, Тархов Д.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, профессор,
a.n.vasilyev@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, профессор,
dtarkhov@gmail.com

***Нейросетевые алгоритмы математического
моделирования сложных систем с помощью
вычислительных комплексов сверхвысокой
производительности***

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Нейросетевой алгоритм, математическое моделирование,
вычислительный комплекс, сверхвысокая производительность.*

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена фундаментальным проблемам разработки алгоритмов и математического обеспечения для вычислительных систем сверхвысокой производительности. Данные методы и реализующие их алгоритмы устойчивы к ошибкам в исходных данных и допускают эффективную параллельную и распределённую реализацию, а также могут адаптироваться к вновь поступающим данным о моделируемой системе и перестраивать тип и структуру модели во время её построения и в процессе эксплуатации моделируемого объекта. Полученные модели могут быть повторно использованы в близких задачах и (или) на последующих этапах исследований.

Решение задачи предсказательного моделирования многомасштабных процессов в природных и технических системах классическими методами математического моделирования наталкивается на ряд принципиальных проблем.

Большинство подобных методов требует построения расчётных сеток. Несмотря на множество работ, посвящённых построению сеток, генерация их в случае высоких размерностей и для областей сложной конфигурации остается сложной и трудоёмкой задачей. Получающиеся системы линейных алгебраических уравнений весьма часто обладают плохой обусловленностью, что приводит к неоправданному росту затрат на их решение. Восстановление решения по его дискретной аппроксимации является отдельной задачей.

Другая проблема состоит в том, что дифференциальные уравнения, краевые (и иные) условия соответствуют моделируемому объекту, явлению или процессу приближённо. В инженерных приложениях точность дифференциальной модели 10-20% является обычным явлением. В такой

ситуации приближённое решение соответствующего дифференциального уравнения с точностью тысячных долей процента не только не оправдано практическими запросами, но может вызвать у исследователя вредные иллюзии насчёт точности моделирования исходного объекта.

Для повышения точности моделирования необходимо учитывать всю имеющуюся у исследователя информацию, которая может быть изначально неполной, но пополняемой в процессе моделирования, при этом модель может уточняться и перестраиваться в процессе наблюдения за функционирующим реальным объектом. Опытный специалист обладает определённой плохо формализуемой априорной информацией об исследуемом объекте, её нужно иметь возможность учесть в процессе построения модели.

Отдельными проблемами являются параллелизуемость и масштабируемость рассматриваемых алгоритмов, что является необходимой предпосылкой для эффективной реализации их на супер-ЭВМ. Зачастую проблемы распараллеливания вычислительного процесса решаются на этапе программирования, хотя более эффективной представляется разработка и реализация заведомо параллелизуемых методов и алгоритмов.

Следующей проблемой является повторное использование полученных моделей на близких задачах. Наиболее эффективным представляется построение модели на супер-ЭВМ с дальнейшим её использованием на клиентском компьютере. При этом модель должна допускать возможность уточнения на основе учёта дополнительной информации.

Для решения отмеченных проблем оправданным оказывается применение для моделирования искусственных нейронных сетей (ИНС). Важным стимулом для этого представляются устойчивость нейронных сетей по отношению к ошибкам в данных и естественное распараллеливание вычислений. Нейросетевой подход можно с успехом применять и при построении серии (иерархии) решений в соответствии с уточняемыми данными. Такой подход позволяет получить решение сразу в виде функции, удовлетворяющей требуемым условиям гладкости и, если нужно, обладающей заданным поведением на бесконечности.

В мире ежегодно выходят сотни статей по данной тематике (см. обзор в [1]). При этом в большинстве работ применяются различные варианты метода коллокаций, что не гарантирует построения адекватной модели во всей рассматриваемой области, а также подбираются только коэффициенты модели, что ведёт к необходимости угадывания структуры или выбора её исходя из теоретических соображений общего положения. Результатом является излишняя громоздкость моделей и неоправданно большие вычислительные затраты при их построении.

Представленные в российской и зарубежной литературе методы сильно зависят от особенностей задачи – формы границ, наличия

нелинейных слагаемых, фазовых переходов, химических реакций и т.п. Наши методы [1-3,6,7] требуют только небольшой адаптации, позволяя учитывать конкретные особенности решаемой задачи и единообразно решать прямые, обратные задачи и задачи построения семейства решений, зависящих от параметра.

Несомненным достоинством нейросетевого подхода является иерархическая параллельность получающихся алгоритмов.

На самом низком уровне применение алгоритма обучения требует вычислений значений нейросетевой функции; как правило (если применяются градиентные алгоритмы оптимизации), требуется вычислять производные нейросетевой функции по её весам; применение алгоритмов более высокого порядка может потребовать вычислений соответствующих старших производных. Для нейросетевых функций эти операции распараллеливаются естественным образом, что делает их хорошо масштабируемыми на многоядерные вычислительные системы. Особо следует подчеркнуть возможность адаптации структуры сети под конфигурацию вычислительной системы.

На следующем уровне применяются методы распараллеливания алгоритмов оптимизации, данный вопрос достаточно хорошо исследован, поэтому останавливаться на нём не будем.

На третьем уровне находятся эволюционные алгоритмы, позволяющие сочетать подбор весов сети и адаптацию её структуры. Несколько таких алгоритмов указано ниже. Они, как правило, допускают не только хорошее распараллеливание, но и могут быть достаточно эффективно реализованы в распределённых системах. Этот вопрос обсуждается далее при описании каждого вида алгоритма.

Поставленная выше задача предсказательного моделирования многомасштабных процессов в природных и технических системах допускает следующее обобщение, содержащее в себе многие стандартные и нестандартные задачи.

Пусть задан набор условий $\{A_q(u_1, u_2, \dots, u_r)\}_{\Omega_q} = 0\}_{q=1}^Q$, где Ω_q – некоторое множество, на котором соответствующее условие должно быть выполнено, u_s – неизвестные функции. Операторы A_q задают уравнения (обычно это дифференциальные уравнения в частных производных или их дискретная аппроксимация при рассмотрении метода сеток), а также граничные и другие условия – например, законы сохранения, уравнения состояния, требования симметрии или данные, полученные из опыта, а также иные требования к решению задачи. В процессе обучения операторы A_q могут изменяться, например, включая в рассмотрение вновь поступающую информацию, или при переходе от функционального к сеточному представлению и обратно.

Будем искать каждую неизвестную функцию в виде разложения:

$u_s(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{N_s} c_{i,s} \varphi_s(\mathbf{x}; \mathbf{a}_{i,s})$, $s = 1 \dots r$, подбирая веса – параметры $\mathbf{a}_{i,s}$ и $c_{i,s}$ – путём минимизации функционала ошибки, составленного из слагаемых вида $\sum_{j=1}^{M_q} \left| A_q(u_1, u_2, \dots, u_r)(\mathbf{x}_{j,q}) \right|_{\Omega_q}^2$, каждое из которых входит в сумму с весовым множителем $\delta_q > 0$, обычно фиксируемым заранее или пересчитываемым время от времени по определённой процедуре. При этом пробные точки $\mathbf{x}_{j,q}$, соответствующие бесконечным множествам Ω_q , выбираются случайно через определённое число шагов алгоритма оптимизации. Слагаемые в функционале не обязаны быть квадратичными, они могут быть взяты и в другой форме.

Для решения подобной задачи можно применить несколько принципиально различных вариантов организации алгоритма.

Во-первых, можно составить единый функционал, используя сразу все условия, и искать сразу все параметры. Этот вариант весьма требователен к вычислительным ресурсам.

Во-вторых, можно составить несколько функционалов, основанных на различных наборах условий, и подбирать свою часть весов, минимизируя попеременно каждый из них. При рациональной организации расчётов такой вариант позволяет ускорить вычисления, но остаётся проблема разумного выбора структуры используемых моделей.

В-третьих, можно применить один из алгоритмов, сочетающий подбор параметров модели и её структуры. Такой вариант позволяет получить наиболее точное и адекватное решение поставленной задачи. Ниже обсуждаются пять подходов такого рода (подробности и сам вид алгоритмов см. в [1,3]).

Подход I. Обобщённый алгоритм кластеризации ошибок

Данный подход состоит в наращивании нейронной сети путём добавления слагаемых, минимизирующих ошибки выполнения указанных выше условий на кластерах, построенных в пространстве входных переменных и указанных ошибок.

Следует заметить, что предложенный метод не предъявляет особых требований ни к форме области (односвязность, возможность декомпозиции), ни к уравнению (линейность, вещественность коэффициентов). Однако усложнение формы области Ω и уравнения приводит к трудности выбора начальных значений параметров моделей, к увеличению требуемого для достижения заданной точности решения числа функций и к соответствующему замедлению процесса нелинейной оптимизации.

При реализации данного алгоритма на вычислительных комплексах сверхвысокой производительности отдельные слагаемые функционала ошибки J могут вычисляться на разных узлах, при этом для реализации оптимизационного процесса на шагах 1 и 4 достаточно пересылать ошибки

и их производные по весам сети, если реализуется градиентный алгоритм обучения. Время вычисления данных слагаемых и соответствующих производных может существенно отличаться, что открывает возможности для балансировки нагрузки путём пересылки исходных данных для вычисления A_q с «медленных» узлов на более «быстрые».

Вычисления на ряде шагов алгоритма для каждого кластера независимы, поэтому их можно реализовать параллельно на разных узлах вычислительной системы. При этом тип и структура функций $u_s(\mathbf{x})$, а также особенности применяемых алгоритмов оптимизации могут быть выбраны исходя из архитектуры соответствующих вычислительных узлов.

Подход II. Обобщённый метод Шварца

В этом случае существенно используется возможность декомпозиции исходной области на подобласти: $\Omega = \bigcup_{p=1}^P \Omega'_p$. Сперва на каждой подобласти строится своё нейросетевое решение, потом эти решения доучиваются с учётом согласования на границах (или пересечениях) подобластей.

Расчёт приближённых решений для подобластей и обмен данными при построении решения во всей области может быть реализован в рамках *grid*-технологий. При этом решение для каждой подобласти Ω'_p подбирается на своём компьютере с учётом аппроксимаций решений на пересечении с соседними областями, информация о которых пересылается время от времени с соответствующих компьютеров. Для гетерогенных систем разумно декомпозицию проводить в соответствии с производительностью узлов, т.е. на более производительных узлах проводить расчёты для областей большей меры и более сложной структуры. При этом разбиение на подобласти может быть адаптивным, меняясь во время работы алгоритма в зависимости от скорости работы и загруженности узлов.

Подход III. Использование идеологии метода группового учёта аргументов (МГУА)

Шаг 1. Для каждого условия выбираем некоторое множество наборов базисных функций.

Шаг 2. Рассматриваем линейные комбинации таких наборов и подбираем их коэффициенты, минимизируя функционалы ошибки, построенные на основе пробных точек из соответствующих подобластей.

Шаг 3. Выбираем лучшие из получившихся функций в смысле лучшего значения функционалов ошибки, построенных на основе пробных точек из подобластей, пересекающихся (близких) с использованными на предыдущем шаге. Для выбора можно использовать и несколько таких функционалов.

Шаг 4. Рассматриваем линейные комбинации получившихся функций и повторяем предыдущие шаги, подбирая параметры моделей по одним функционалам, а выбор лучших моделей осуществляя по другим

функционалам, пока ошибка не становится достаточно малой.

Шаг 2 алгоритма для разных моделей реализуется независимо, поэтому может быть достаточно эффективно реализован в многопроцессорной и распределённой системе. Для ресурсоёмких задач в функционалах шага 3 можно использовать время выполнения, балансируя структуру функций и декомпозицию области таким образом, чтобы уменьшить время простоя узлов, выполняющих свою часть работы быстрее остальных.

Подход IV. Декомпозиция области. Специализированный генетический алгоритм (модификации)

Этот алгоритм отличается от подхода II тем, что для каждой подобласти строится не одно приближённое решение, а целая популяция с дальнейшим применением обычных генетических операций, таких как мутации и скрещивание.

Данный генетический подход легко адаптировать к распределённым вычислениям. Наиболее естественный вариант возникает, если каждый коллектив моделей подбирать в своём узле. При этом пересылаться между узлами должны только отдельные модели (набор параметров и информация о структуре) или части моделей, предназначенные для скрещивания. Кроме того, пересылаться может некоторая информация, например, значения оптимизируемых функционалов. Если узлов мало, то в одном узле может обучаться несколько популяций, между ними разумно реализовать более интенсивное скрещивание, чем между популяциями из разных узлов. Если узлов много, то на каждом из них можно размещать часть популяции или даже отдельные элементы. Это не слишком сильно скажется на скорости вычислений, в особенности, если модели большие, так как наиболее трудоёмкая операция – подбор параметров осуществляется локально.

Подход V. Обучение коллектива ИНС-моделей (сетей-экспертов)

Отличается от предыдущего подхода тем, что после первой фазы обучения выделяются наборы функций, дающие минимальную ошибку на подмножестве и на этом подмножестве далее обучаются.

Так же, как и предыдущий, Подход V допускает достаточно эффективную распределённую реализацию. Наиболее простой вариант состоит в том, чтобы обучать на каждом узле свой набор функций, который оказался лучшим на некотором подмножестве. При этом пересылать необходимо только информацию о поведении аппроксимации на стыках и только на те узлы, которым соответствуют области, стыкующиеся с областью для данного узла. Возможен также вариант, при котором одному узлу соответствует несколько наборов функций. Если узлов много, тогда можно обучать один набор на нескольких узлах, реализуя какой-либо распределённый алгоритм.

Если все множества Ω_q конечны, то при соответствующем выборе

операторов A_q получаются различные варианты метода сеток, что создаёт основу для разработки гибридных методов.

Предлагаемый подход использует возможности высокопроизводительных вычислительных сред, не приводит к «кризису размерности», позволяет рассматривать случаи неточно заданных коэффициентов, задачи со сложной геометрией, при этом соответствующие алгоритмы допускают естественное распараллеливание.

Литература

1. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
2. Тархов Д.А. Нейронные сети: модели и алгоритмы. Кн.18. – М.: Радиотехника, 2005. – 256 с.
3. Васильев А.Н., Осипов В.П., Тархов Д.А. Унифицированный процесс построения иерархии нейросетевых моделей и проблема адекватности в математическом моделировании// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2010. – №7. – С.20-28.
4. Тархов Д.А. Нейронные сети как средство математического моделирования// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2006. – №2. – С.3-48.
5. Manoj K., Neha Y. Multilayer perceptrons and radial basis function neural network methods for the solution of differential equations: A survey// Computers and Mathematics with Applications, 2011, vol. 62. — Issue 10. — P. 3796–3811
6. Васильев А.Н. Новые нейросетевые подходы к решению краевых задач в областях, допускающих декомпозицию// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – 2006. – №7. – С.32-39.
7. Тархов Д.А. Нетрадиционные генетические алгоритмы декомпозиции и распределения при решении задач математической физики с помощью нейронных сетей// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – 2006. – №7. – С.40-47.

Васильев А.Н.¹, Тархов Д.А.²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, профессор,
a.n.vasilyev@gmail.com

²Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, профессор,
dtarkhov@gmail.com

Нейросетевой подход к созданию иерархических систем оценки влияния транспортной инфраструктуры на окружающую среду

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Нейросетевое моделирование, иерархическая система,
окружающая среда, автотранспорт.*

АННОТАЦИЯ:

Предлагаются подходы к построению иерархических систем мониторинга и прогнозирования влияния автотранспорта и объектов транспортной инфраструктуры на окружающую среду на основе нейросетевого моделирования.

Введение

Назрела необходимость создания иерархической системы мониторинга, анализа и прогнозирования экологического состояния города от локального уровня, отслеживающего загрязнения воздушной среды автомобильным транспортом отдельной жилой застройки или улицы, до масштаба дорожной сети города (агломерации городов) с целью прогнозирования ситуации, уменьшения неблагоприятного воздействия и оптимального планирования развития транспортных сетей и маршрутизации транспорта в больших городах. Для решения поставленной задачи наиболее адекватными представляются многоуровневые гетерогенные уточняемые робастные модели – именно такие модели, основанные на нейросетевых технологиях и интеллектуальных вычислениях с использованием суперпроизводительных вычислительных комплексов, и предлагается использовать при построении систем мониторинга и оценки влияния транспортной инфраструктуры на окружающую среду.

Обзор основных применяющихся методов моделирования

В настоящее время математические модели используются для пространственно-временного прогноза границ очага загрязнения и уровней плотности загрязняющих веществ (ЗВ) на подстилающей поверхности; концентраций ЗВ на объектах окружающей среды (ОС); количественной оценки опасности ЗВ для здоровья людей, остающихся в районах заражения; исследования модельных ситуаций с целью прогнозирования последствий загрязнения и применения полученных

результатов для разработки соответствующих регламентов и правильных управленческих действий. Однако следует отметить, что, несмотря на адекватность многих физических процессов, имеющих место при переносе ЗВ с потоками воздуха и воды, не удастся разработать единую схему распространения этих веществ в указанных средах. Необходимость учета множества факторов, характеризующих эти процессы, сложность оценки динамики вещества самой среды в зависимости от метеорологических и гидрологических условий практически исключают возможность создания универсальной модели и определяют направление развития методологии математического моделирования в этой области в сторону построения иерархии конкретных, прикладных моделей для различных пространственно-временных масштабов и различных условий протекания процесса переноса ЗВ.

Широко используются гауссовские модели выбросов ЗВ. Эти модели предполагают относительно стабильные атмосферные условия, требуют минимума информации, но при наличии большого количества исходных данных о распределении ЗВ могут быть легко усовершенствованы. Наиболее популярные существующие модели представлены в бюллетенях Агентства по защите окружающей среды (EPA, США). Отмечено, что в настоящее время в региональных отделениях EPA для мест, относящихся к ведению Суперфонда (программа по реабилитации загрязненных территорий), широкое распространение получила модель ISC (Industrial Source Complex Model). К гауссовским моделям относятся американские модели HIWAY-2, CALINE-4 (California Line Source Model), GFLSM (General Finite Line Source Model), финская модель CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road, by the Finnish Meteorological Institute).

Руководство EPA – Агентства по охране окружающей среды США рекомендует к использованию для атмосферного моделирования пакет программ CALPUFF. Пакет поддерживается разработчиками модели и распространяется TRC. Система моделирования состоит из трех главных компонентов и ряда программ пост- и предварительной обработки.

Главные компоненты системы моделирования – CALMET (диагностическая 3-мерная метеорологическая модель), CALPUFF (модель дисперсии качества воздуха) и CALPOST (пакет постобработки).

Прогнозируемые моделью среднегодовые концентрации согласуются с наблюдениями в пределах 20 – 30 %. При уменьшении периода осреднения ухудшается соответствие между расчетом по моделям и наблюдаемым концентрациям. При этом расхождение с экспериментальными данными для всех типов моделей может достигать 60 %. Полученные расхождения имеют место при расчетах для одного источника. При составлении модели рассеяния от большого числа источников, распределенных на городской территории, вследствие осреднения точность несколько повышается и достигает 10 – 20 % сходимости с результатами замеров.

Нейросетевой подход

Процесс моделирования любой сложной системы невозможен без наличия подробной информационной базы. Становится очевидным, что при наличии банка данных, учитывающего информацию о свойствах конкретного вида ЗВ/токсиканта, возможно обеспечение высокой эффективности в работе математических моделей и, в конечном итоге, значительного увеличения точности и объективности анализа и прогноза развития ситуации, возникшей в результате выбросов ЗВ в ОС. В дальнейшем на основании сочетания банков моделей и банков данных, банков алгоритмов и программ целесообразно создание специализированных интеллектуальных систем управления экологией окружающей среды, опирающихся на методы создания иерархических уточняемых нейросетевых моделей. Важно, что, несмотря на широкий спектр задач, которые будут решать такие системы, и большие различия физических явлений, возникающих при взаимодействии ЗВ с ОС, соответствующие нейросетевые модели будут строиться на основе разработанного нами *унифицированного подхода*, позволяющего резко сократить расходы на создание соответствующих систем и существенно повысить их гибкость и модифицируемость.

Лежащий в основе этого подхода комплекс методов и алгоритмов в настоящий момент не имеет аналогов в мире и обладает приоритетной новизной. Поясним отличие этого подхода от применяемых обычно на примере конкретной задачи.

Традиционная математическая постановка задачи экологического моделирования [1] предполагает рассмотрение нескольких источников (промышленных предприятий, движущихся источников загрязнений и т.д.), выбрасывающих в атмосферу заданное количество загрязняющих веществ в выбранном районе. Пусть в заданном регионе G с полной границей S расположены n загрязняющих объектов (ЗО), ежесекундно выбрасывающих Q_i загрязняющих веществ, $i=1,2,\dots,n$, состав которых будем считать одинаковым. В области G выделим m экологических зон G_k , $k=1,2,\dots,m$, для которых заданы предельно допустимые концентрации за интервал времени $[0, T]$ загрязняющих веществ.

В результате определяющее дифференциальное соотношение примет вид уравнения диффузии для интенсивности $\varphi(x, y, z, t)$ аэрозольной субстанции от n объектов, загрязняющих окружающую среду (ОС):

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \operatorname{div}(\mathbf{u} \varphi) + \sigma \varphi = \frac{\partial}{\partial z} v \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \mu \Delta \varphi + \sum_{i=1}^n Q_i \delta_i \quad (1)$$

с граничными условиями: $\varphi = f_s$ на Σ , $\frac{\partial \varphi}{\partial z} = \alpha \varphi$ на Σ_0 , $\frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0$ на Σ_H .

Здесь $\mathbf{u}$ – скорость воздушного потока; Δ – оператор Лапласа по пространственным переменным (x, y) ; для цилиндрической области G с

полной границей $S = \Sigma \cup \Sigma_0 \cup \Sigma_H$, где боковая поверхность цилиндра Σ – граница рассматриваемого региона, Σ_0 – подстилающая поверхность, Σ_H – верхняя граница рассматриваемой области; σ – коэффициент, описывающий скорость распада (поглощения) аэрозоля, μ и ν – коэффициенты горизонтальной и вертикальной диффузии; $\delta_i = \delta_i(x, y, z, x_i, y_i, z_i, t, t_i)$ – дельтаобразная функция, которая локализована в малой окрестности i -ого объекта (при вычислениях заменяется, например, быстроубывающим гауссианом).

На решениях φ задачи (1) строится функционал

$$Y_k = \int_0^T dt \int_{G_k} P_c \varphi dG, \quad (2)$$

который характеризует санитарную дозу аэрозоля, выпавшего в области экологической зоны G_k . Для оценки влияния автотранспорта на экологию

можно заменить сумму $\sum_{i=1}^n Q_i \delta_i$ в уравнении (1) функцией Q , описывающей выбросы автотранспорта (от единичного ОЗ или потока таких объектов).

Принципиальное отличие реальной постановки задачи, формализуемой уравнением (1) и соответствующими граничными условиями, состоит в том, что входящие в неё параметры не являются константами и известны с некоторой погрешностью. Для многоуровневой системы такие параметры (скорость воздушного потока, концентрация загрязнений на границе региона f_s и т.д.) часто определяются решением задачи на другом уровне иерархии. Вычисления при большом числе наборов параметров требуют нерационально больших затрат вычислительных ресурсов.

При этом модели на каждом уровне иерархии имеют свои особенности. На самом нижнем уровне (отдельные дома, перекрёстки и отрезки улиц между перекрёстками) профиль скоростей u , поле выбросов Q имеют большую вариабельность, связанную с обтеканием воздушным потоком отдельных зданий и влиянием отработавших газов единичных автомобилей в случае несплошного транспортного потока.

На следующем уровне (район города или небольшой город) влиянием отдельных автомобилей и обтеканием отдельных домов можно пренебречь, большее влияние приобретает суточный, недельный (будни и выходные) и годовой ритмы, а также, наложение выбросов отдельных ОЗ.

Для крупных городов имеет смысл выделить следующий уровень – всего города, для которого важными являются задачи прогноза и управления экологической ситуацией в зависимости от планирования транспортной инфраструктуры, графика ремонта улиц, оптимизация транспортных потоков с помощью управления работой светофоров и информационных табло, строительство объездных дорог и т.д.

Возвращаясь к задаче (1), отметим, что в реальных ситуациях трудно

определить саму границу региона S и условия на ней. Обычно, вместо них, наряду с дифференциальными уравнениями, бывает задана дополнительная информация, например, в виде приближенно известных данных наблюдений (измерений φ с помощью датчиков, размещённых в некотором наборе точек области G). Предлагаемый нами подход [2-3, 5-8] позволяет объединить разнородную информацию о системе в нейросетевой модели.

Данный подход может быть эффективно применён для решения обратных задач и задач, поставленных некорректно или данных в неклассической постановке. Подобные задачи возникают, например, в случаях, когда определяющие моделируемую систему характеристики известны не точно, когда необходимо исследовать поведение решения в зависимости от некоторого параметра или когда надо идентифицировать значение параметра по данным измерений. К таким задачам, в частности, относятся задачи определения функции Q по данным наблюдений.

Для решения подобных задач общий подход, изложенный в [7], нуждается в следующей модификации (см. [13, 15]).

Пусть в постановку задачи (здесь оператор A определяет уравнение, а допустимый оператор B задает начально-краевые условия)

$$A(u, \mathbf{r}) = g(\mathbf{r}), \quad u = u(\mathbf{x}, \mathbf{r}), \quad \mathbf{x} \in \Omega(\mathbf{r}) \subset R^P, \quad B(u, \mathbf{r}) \Big|_{\Gamma(\mathbf{r})} = f(\mathbf{r}) \quad (3)$$

входят параметры $\mathbf{r} = (r_1, \dots, r_k)$, меняющиеся на некоторых интервалах:

$$r_i \in (r_i^-, r_i^+), i = 1, \dots, k.$$

Ищем приближённое решение задачи (3) в виде выхода искусственной нейронной сети заданной архитектуры

$$u(\mathbf{x}, \mathbf{r}) = \sum_{i=1}^M c_i h_i(\mathbf{x}, \mathbf{r}, \mathbf{a}_i), \quad (4)$$

веса которой – линейно входящие параметры c_i и нелинейно входящие параметры $\mathbf{a}_i$ – определяются в процессе поэтапного обучения сети на основе минимизации функционала ошибки вида

$$J(u) = \sum_{j=1}^M |A(u(\mathbf{x}_j, \mathbf{r}_j)) - g(\mathbf{x}_j, \mathbf{r}_j)|^2 + \lambda \sum_{j=1}^M |B(u(\mathbf{x}'_j, \mathbf{r}'_j)) - f(\mathbf{x}'_j, \mathbf{r}'_j)|^2. \quad (5)$$

Здесь $\{\mathbf{x}_j, \mathbf{r}_j\}_{j=1}^M$ – периодически регенерируемые пробные точки в

области $\Omega(\mathbf{r}_j) \times \prod_{i=1}^k (r_i^-, r_i^+)$, $\{\mathbf{x}'_j, \mathbf{r}'_j\}_{j=1}^M$ – пробные точки на её границе $\Gamma(\mathbf{r}'_j)$; $\lambda > 0$ – штрафной параметр.

Иерархическая система мониторинга должна быть построена на нескольких уровнях, каждому из которых соответствует свой набор математических моделей, описывающих распространение загрязнений и другие важные для рассматриваемых задач величины, например, скорость ветра, температуру воздуха и т.д. Данные модели обычно имеют вид или

уравнений в частных производных с граничными и начальными условиями, или таблиц (баз данных) с результатами наблюдений (измерения интересующих параметров). Нами разработан обобщенный подход к построению иерархии нейросетевых моделей для каждого из случаев: «уравнения» или «наборы данных», – и в смешанной гетерогенной ситуации: «уравнения+данные» [5-8, 12].

При классическом подходе для того чтобы учесть воздействие от соседних областей, а также от внешних условий, нужно пересылать большой массив информации. При изменении каких-либо внешних параметров, придётся формировать другой информационный массив, и так – до бесконечности. Мы предлагаем пересылать от информационной системы, соответствующей одной области в информационную систему, соответствующую другой области или другому уровню иерархии вместо большого массива чисел упомянутую выше готовую параметризованную нейросетевую модель, в которой уже заложены зависимости от возможного изменения внешних условий.

Специфика рассеяния выбросов от автотранспорта накладывает дополнительные ограничения на методологию исследований и точность получаемых данных.

Важным является учет основных источников и типов загрязнения ОС объектами транспортной инфраструктуры. Мы отмечаем следующие три основные группы ОЗ (по способу выделения ЗВ):

- выбросы отработавших газов (легкая фракция);
- выбросы в результате износа элементов колесных тормозов (легкая и тяжелая фракции);
- выбросы в результате истирания дорожного покрытия (механического, теплового и др.), протектора шин и дорожной пыли как результата торможения, так и применения антигололедных материалов (соль, химреагенты, песок, гравий), посторонней дорожной пыли (в основном – тяжелая фракция).

Нейросетевое моделирование систем с распределенными параметрами позволит проанализировать эти типы выбросов, выявить скрытые зависимости и определить управляющие параметры. Основное внимание при исследовании негативного влияния объектов автотранспорта на ОС, как правило, обращается на первую группу ОЗ, нами предполагается построение нейромоделей по гетерогенным данным и для второй и третьей групп.

Поскольку автотранспортные средства являются подвижными источниками загрязнения, определение величины выброса от них возможно лишь с некоторой заведомо значимой погрешностью. Строго говоря, определение величины выброса загрязняющих веществ в зоне функционирующей автомобильной магистрали представляет собой отдельную многофакторную задачу, в конечном счете, определяющую

точность последующего моделирования рассеяния.

Рассеяние загрязняющих веществ в пределах жилой застройки определяется, прежде всего, аэродинамикой обтекаемых поверхностей совместно с локальным вектором скорости ветра и относительно инертно по отношению к остальным метеопараметрам (высота слоя перемешивания, классы стабильности атмосферы и т.п.), что определяет выраженную стабильность воспроизведения приземных концентраций непосредственно у источника выброса при различных состояниях атмосферы.

Расчётные методы позволяют построить модель загрязнения объекта ОС с возможностью его оценки в любой точке изучаемого пространства. В ходе проекта предполагается моделирование процессов загрязнения территории улично-дорожной сети выбросами автотранспорта. Будут рассмотрены наиболее типичные элементы городской инфраструктуры:

1. *Городская автомагистраль.* К данному типу объектов автотранспортного комплекса относится прямая магистраль без перекрестков на удалении более, чем 50 м от жилой застройки.

2. *Уличный каньон.* Под уличным каньоном понимается стеснённая с двух сторон зданиями автомагистраль.

3. *Городской перекрёсток.* В условиях стеснённой городской застройки перекресток, представляющий собой комбинацию открытых участков автодорог и уличных каньонов, становится источником высоких концентраций вредных веществ вблизи жилой застройки.

4. *Автостоянка.* Особенностью выбросов от автостоянки является нестационарная работа двигателя при холодном пуске и разогреве двигателя, приводящая в резкому (более, чем в 10 раз) увеличению выхлопа по сравнению с крейсерским режимом на магистрали.

5. *Дворовые территории.* Замкнутость объемов «глухих» дворов и дворов-«колодцев» значительно ухудшает условия рассеяния выбросов автотранспорта.

6. *Парковка автомобилей у стен жилых зданий.* Режимы работы двигателей в данных условиях характеризуются «залповыми» выбросами отработавших газов при пуске, прогреве и выезде на линию.

Заключение

В работе [7] авторами проекта разработан унифицированный процесс решения сложных задач математического моделирования. Его основные этапы:

1. Характеристика качества модели в виде функционала (набора функционалов). Данный этап основан на информации о моделях изучаемых явлений (данные модели могут уточняться в процессе построения решения, конструирования и функционирования объекта) и может быть реализован специалистом в предметной области.

2. Выбор функционального базиса (базисов). Данный этап может быть выполнен как специалистом в предметной области на основе информации о характере моделируемых явлений, так и автоматически, с помощью эволюционных алгоритмов (см. [5-8, 12]).
3. Выбор методов подбора параметров и структуры модели может быть полностью автоматизирован и не требует обязательного вмешательства специалиста в предметной области, хотя имеющаяся у него приблизительная информация о поведении объекта может быть легко учтена при построении модели.
4. Реализация методов уточнения моделей объектов в процессе их функционирования и соответствующей подстройки алгоритмов управления ими. Принципы построения таких методов нами разработаны (см. [6-8]), данные методы и алгоритмы могут быть реализованы в программном комплексе, который будет применяться специалистами в прикладных областях без доработки для решения широкого круга задач.
5. Пополнение базы данных моделей, алгоритмов и программ.

Этот подход позволяет создавать иерархии нейросетевых моделей по пополняемой и уточняемой информации в каждом из случаев: «уравнения», «наборы данных», – и в смешанной гетерогенной ситуации «уравнения + данные». Такие модели устойчивы к ошибкам и способны усваивать новую поступающую информацию.

Литература

1. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – Москва: Наука, 1982 – 320 с.
2. Vasilyev A.N., Tarkhov D.A. New neural network technique to the numerical solution of mathematical physics problems. I: Simple problems// Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), Allerton Press, Inc. –2005. – Vol. 14, No. 1. – pp. 59-72.
3. Vasilyev A.N., Tarkhov D.A. New neural network technique to the numerical solution of mathematical physics problems. II: Complicated and nonstandard problems// Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), Allerton Press, Inc. – 2005. – Vol. 14, No. 2. – pp. 97-122.
4. Тархов Д.А. Нейронные сети как средство математического моделирования// Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2006. – №2. – С.3-48.
5. Васильев А.Н. Математическое моделирование распределенных систем с помощью нейронных сетей// Математическое моделирование. – 2007. – Том 19, №12. – С.32-42.
6. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Построение приближённых нейросетевых моделей по разнородным данным// Математическое моделирование. – 2007. – Том 19, №12. – С.43-51.
7. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
8. Васильев А.Н., Осипов В.П., Тархов Д.А. Унифицированный процесс моделирования физико-технических объектов с распределёнными параметрами// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физ.-мат. науки. – 2010. – №3(104). – С.39-52.
9. Васильев А.Н. Порубаев Ф.В., Тархов Д.А. Нейросетевой подход к решению некорректных задач теплопереноса// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – №1(115). – С.133-142
10. Васильев А.Н., Порубаев Ф.В., Тархов Д.А. Нейросетевое решение двумерной обратной задачи теплопереноса с точечными данными измерений// «Нейрокомпьютеры»:

- разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2011. – №6. – С.38-44.
11. Васильев А.Н., Тархов Д.А. О нейросетевом подходе к построению приближенных решений прикладных задач в классической и неклассической постановках/ Современные информационные технологии и ИТ-образование [Электронный ресурс]/ Сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции/ под ред. В.А.Сухомлина. – Москва: МГУ, 2012. – Т.1. – с.310-321.
 12. Васильев А.Н., Осипов В.П., Тархов Д.А. Унифицированный процесс моделирования систем с распределенными параметрами// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2010. – №7. – С.20-28.
 13. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Параметрические нейросетевые модели классических и неклассических задач для уравнения теплопроводности// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. – 2012. – №3(153). – с.136-144.
 14. Васильев А.Н., Осипов В.П. Концепция и принципы рациональной схемы прикладного моделирования// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2011. – №6. – С.29-37.
 15. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Математические модели систем с интервально заданными параметрами на основе гетерогенных нейронных сетей. Продолжение температурного поля – классическая постановка задачи// «Нейрокомпьютеры»: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2012. – №11. – С.56-59.
 16. Денисов В.Н., Рогалев В.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. – 2007.
 17. Федотов В.Н. Снижение риска экологического воздействия автотранспорта – критерий управления дорожным движением. – М.: НПП Транснавигация, Минтранс России, 2008.
 18. Федотов В.Н., Гудков В.А., Комаров Ю.Я. Методология активного воздействия на экологическую нагрузку городского автотранспорта (монография). – Волгоград: Типография УИНЛ ВолгГТУ, 2009.
 19. Федотов В.Н. Выбор объекта и алгоритма нейропрограмм координации систем управления дорожным движением по критерию риска экологического воздействия. – М.: ООО "НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ", 2010.

Романова А.Г.¹, Тархов Д.А.², Шемякина Т.А.³

¹ООО «Евродорстрой», инженер, romalenka@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, профессор,
a.n.vasilyev@gmail.com

³Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (СПбГПУ), доцент,
sh_tat@mail.ru

О применении нейросетевых моделей в экологии

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Нейросетевая модель, экология, прогнозирование, загрязнение окружающей среды.

АННОТАЦИЯ:

Предложен нейросетевой подход к прогнозированию в экологии. Применение нейросетевой методологии демонстрируется на двух модельных задачах.

Введение. Количество загрязняющих факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на качество атмосферы и здоровье человека, растет с каждым днем. Для оценки этого влияния необходимо создать систему мониторинга на нескольких уровнях, каждому из которых соответствует свой набор математических моделей, описывающих распространение загрязнений и другие, важные для рассматриваемых задач величины, например скорость ветра, температуру воздуха и т.д. Данные модели обычно имеют вид или уравнений в частных производных с граничными и начальными условиями, или баз данных с результатами наблюдений. В реальной ситуации, обычно имеется информация обоих типов, причём часть её, например все или часть граничных и начальных условий могут быть неизвестны. При классическом подходе для того, чтобы учесть воздействие от соседних областей, а также от внешних условий, нужно пересылать большой массив информации.

Мы предлагаем строить и пересылать от информационной системы, соответствующей одной области в информационную систему, соответствующую другой области или другому уровню готовую нейросетевую модель [1–4]. При решении соответствующих задач полезным оказался метод дополнительного аргумента [6–8]. В работе предложенный подход иллюстрируется на тестовых задачах.

Предлагаемая иерархическая система мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды должна решать следующие задачи:

- 1) Более точный прогноз загрязнений окружающей среды с доступом к этим данным широким кругам населения.
- 2) Прогноз возможных экологических катастроф, путей их

предотвращения и минимизации их неблагоприятных последствий.

3) Выработка оптимальных способов управления состоянием окружающей среды на разных пространственных (локальный, региональный, глобальный) и временных (часы, сутки, времена года, десятилетия) масштабах и различными субъектами такого управления. При этом субъекты более высокого уровня могут управлять экологическим состоянием не только непосредственно (природоохранные мероприятия) но и опосредованно (изменение законодательной базы и стимулирование субъектов нижнего уровня).

4) Прогноз и минимизация последствий чрезвычайных ситуаций, создание системы автоматического оповещения населения, которое может подвергнуться риску различного уровня, своевременная эвакуация населения, для которого эта мера является оптимальной.

5) Объективная оценка ущерба окружающей среде и здоровью граждан и адекватное наказание виновникам такого ущерба.

В основу построения глобальных моделей загрязнения атмосферы заложен ряд принципов, в частности, для достаточно точного предсказательного моделирования необходимо рассматривать систему моделей. В такую систему входят модели циркуляции атмосферы. При моделировании климатической системы используется подход, связанных с аппроксимацией наиболее значимых физических процессов, участвующих в формировании климата, с дальнейшим уточнением такой модели (построения иерархии моделей). В данной работе рассмотрена только небольшая часть таких моделей и приведены основы нейросетевого подхода для работы с ними.

Одной из наиболее важных проблем, связанных с экологией, является прогнозирование распространения загрязнений в воздушной среде.

Традиционная математическая постановка и её недостатки. Пусть в заданном регионе G с полной границей S расположены n промышленных объектов, ежесекундно выбрасывающих Q_i аэрозолей, $i=1,2,\dots,n$, состав которых будем считать одинаковым. В области G выделим m экологических зон $G_k, k=1,2,\dots,m$, для которых заданы предельно допустимые концентрации выпавшего за интервал времени $[0;T]$ аэрозоля. Традиционная математическая постановка задачи [5] имеет вид уравнения диффузии для интенсивности $u(x,y,z,t)$ аэрозольной субстанции:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \operatorname{div}(au) + \sigma u = \frac{\partial}{\partial z} v \frac{\partial u}{\partial z} + \mu \Delta u + \sum_{i=1}^n Q_i \delta_i \quad (1)$$

с граничными условиями при условии:

$$u = f_s \text{ на } \Sigma, \quad \frac{\partial u}{\partial z} = \alpha u \text{ на } \Sigma_0, \quad \frac{\partial u}{\partial z} = 0 \text{ на } \Sigma_H.$$

При этом a – скорость воздушного потока; Δ – оператор Лапласа по

переменным (x, y, z) ; σ – коэффициент, описывающий скорость распада (поглощения) аэрозоля; μ и ν – коэффициенты горизонтальной и вертикальной диффузии; $\delta_i(x, y, z; x_i, y_i, z_i)$ – дельтаобразная функция, которая локализована в малой окрестности i -ого предприятия. Цилиндрическая область G с полной границей $S = \Sigma \cup \Sigma_0 \cup \Sigma_H$, где боковая поверхность цилиндра Σ – граница рассматриваемого региона, Σ_0 – подстилающая поверхность, Σ_H – верхняя граница рассматриваемой области.

В реальных ситуациях трудно определить саму границу региона и условия на ней. Обычно, вместо них, наряду с дифференциальными уравнениями, задана дополнительная информация, например, в виде приближенно известных данных наблюдений (измерений u с помощью датчиков, размещённых в некотором наборе точек G). В работах [1–4] нейросетевые модели позволили объединить разнородную информацию об экологической системе.

Рассмотрим две модельные задачи, являющиеся частными случаями модели (1).

Модельная задача 1. Восстановление начального загрязнения.

Начальное распределение концентрации вредного вещества в момент времени $t = 0$ восстанавливается по её конечному распределению при $t = T$, причём конечная концентрация отличается от начальной на несколько порядков. Надо найти функцию $u(x, t), x \in [0, 1], t \in [0, T]$, удовлетворяющую уравнению: $u_t = u_{xx}$, и условиям:

$$u(x, T) = f(x), x \in (0, 1), u(0, t) = 0, t \in [0, T], u(1, t) = 0, t \in [0, T].$$

Начальная функция $\varphi(x) = u(x, 0)$ неизвестна и подлежит восстановлению.

Решение задачи будем находить в виде нейросетевого приближения:

$$u(x, t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{-\alpha_i (x-x_i)^2 - \beta_i (x-x_i)(t-t_i) - \gamma_i (t-t_i)^2} \quad (2)$$

Предполагается, что мы знаем начальное условие в одной точке. Подбор весов осуществлялся через минимизацию функционала ошибки, который в данной задаче имеет вид:

$$J(\mathbf{w}) = J_1(\mathbf{w}) + \delta_b J_b(\mathbf{w}) + \delta_d J_d(\mathbf{w}), \quad (3)$$

где $\mathbf{w} = (w_1, \dots, w_{n_c})$ – вектор весов сети.

$J_1(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^N \left\{ u_t(\xi_j, \tau_j) - u_{xx}(\xi_j, \tau_j) \right\}^2$ – слагаемое, отвечающее дифференциальному уравнению;

$J_b(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^{N_b} \left\{ u^2(0, \tau_j) + u^2(1, \tau_j) \right\}$ – слагаемое, отвечающее граничным условиям;

$J_d(\mathbf{w}) = \sum_{j=1}^{N_d} \left\{ u(x_j, T) - f(x_j) \right\}^2$ – слагаемое, отвечающее «экспериментально полученным» значениям концентрации в конечный момент времени;
 $\delta_b, \delta_d > 0$ – «штрафные» множители.

Здесь в слагаемых $J_1(\mathbf{w})$ и $J_b(\mathbf{w})$ используются периодически регенерируемые пробные точки $\left\{ (\xi_j, \tau_j) \right\}_{j=1}^N$ – в области Ω , $\left\{ (0, \tau_j), (1, \tau_j) \right\}_{j=1}^{N_b}$ – на частях границы.

Приведём результаты вычислений для случая $N = 200$, $N_b = 50$, $N_d = 50$, экспериментальные данные задаются с ошибкой, которая является случайной величиной, распределённой равномерно на интервале $[-0.01, 0.01]$, число попыток добавить нейрон 10, число нейронов 11.

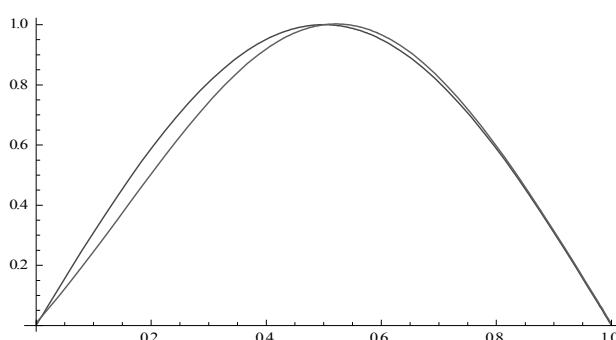


Рис. 1. Восстановление начальных условий

Из полученных результатов видно, что ошибка восстановления немного превосходит ошибку задания исходных данных. Увеличение числа нейронов до 50 позволяет уменьшить ошибку в несколько раз.

Модельная задача 2. Восстановление источника загрязнений на границе области.

Рассматривается плоская задача восстановления источника загрязнений на границе области $\Omega = \{ (x, y) : x \in (-\infty, \infty), y \in [0, Y], Y > 0 \}$, внутри которой искомая функция удовлетворяет уравнению Лапласа $\Delta u = 0$.

Эта задача является частным случаем системы Франкля, представляющей собой систему двух квазилинейных дифференциальных уравнений с частными производными первого порядка:

$$\begin{cases} \partial_y u(x, y) - P(x, y, u(x, y), v(x, y)) \partial_x v(x, y) = 0, \\ \partial_x u(x, y) \pm Q(x, y, u(x, y), v(x, y)) \partial_y v(x, y) = 0, \end{cases}$$

при этом $P(x, y, u(x, y), v(x, y)) \geq p_0 > 0$, $Q(x, y, u(x, y), v(x, y)) \geq q_0 > 0$, $p_0, q_0 - const$.

Система Франкля относится к системе смешанного типа. В работе продолжено исследование системы Франкля в эллиптическом случае [6–8]:

$$\begin{cases} \partial_y u(x, y) - P(x, y, u(x, y), v(x, y)) \partial_x v(x, y) = 0, \\ \partial_x u(x, y) + Q(x, y, u(x, y), v(x, y)) \partial_y v(x, y) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Поставим для системы уравнений (4) задачу Коши:

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad v(x, 0) = \psi(x). \quad (5)$$

Рассмотрим модельный пример, когда: $P(v(x, y)) = 1, Q(v(x, y)) = 1$, то есть система (4) эквивалентна уравнению: $\Delta u = 0$. Задача (4), (5) решается методом дополнительного аргумента. Сначала задача сводится к характеристической форме для функции $w(x, y) = u(x, y) + iv(x, y)$:

$$\begin{cases} \partial_y w(x, y) + i \partial_x w(x, y) = 0, \\ w(x, 0) = \varphi(x) + i\psi(x) = w_0(x). \end{cases}$$

Для последней системы уравнений построим расширенную характеристическую систему:

$$\begin{cases} \frac{d\eta(x, y, s)}{ds} = i, \quad \eta(x, y, y) = x, \\ \frac{dw_1(x, y, s)}{ds} = 0, \quad w_1(x, y, 0) = w_0(\eta(x, y, 0)). \end{cases}$$

Интегрируя последнюю систему дифференциальных уравнений, получим решение:

$$\begin{aligned} \eta(x, y, s) &= x - i(y - s), \quad \eta(x, y, 0) = x - iy, \\ w_1(x, y, s) &= w_0(\eta(x, y, 0)) = w_0(x - iy) = \varphi(x - iy) + i\psi(x - iy). \end{aligned}$$

В соответствии с работами [6–8], решением исходной задачи будут функции:

$$\begin{aligned} u(x, y) &= \operatorname{Re} w_1(x, y, y) = \operatorname{Re} [\varphi(x - iy) + i\psi(x - iy)], \\ v(x, y) &= \operatorname{Im} w_1(x, y, y) = \operatorname{Im} [\varphi(x - iy) + i\psi(x - iy)]. \end{aligned} \quad (6)$$

Представим начальные функции в виде нейросетевых разложений:

$$\varphi(x) = \sum_{k=1}^n \frac{c_k}{\alpha_k + (x - a_k)^2}, \quad \psi(x) = \sum_{k=1}^n \frac{g_k}{\beta_k + (x - b_k)^2}.$$

Тогда решение (6) будет иметь вид:

$$u(x, y) = \sum_{k=1}^n \left\{ \frac{c_k [\alpha_k + (x - a_k)^2 - y^2]}{[\alpha_k + (x - a_k)^2 - y^2]^2 + 4y^2 (x - a_k)^2} - \frac{2g_k y (x - b_k)}{[\beta_k + (x - b_k)^2 - y^2]^2 + 4y^2 (x - b_k)^2} \right\}.$$

В тестовой задаче решение в области $\Omega = \{(x, y) : x \in (-1, 1), y \in [0, 1]\}$ восстанавливалось по дискретному набору значений точек – «измерений». В случае кусочно-постоянных граничных условий при $y = 0$, этот набор сформирован по известному аналитическому решению задачи, моделирующему действие постоянного источника загрязнений, мощность которого подлежит оценке. Результаты вычислений представлены на следующем рисунке 2.

Из рисунка видно, что положение и мощность источника загрязнений удаётся оценить достаточно точно.

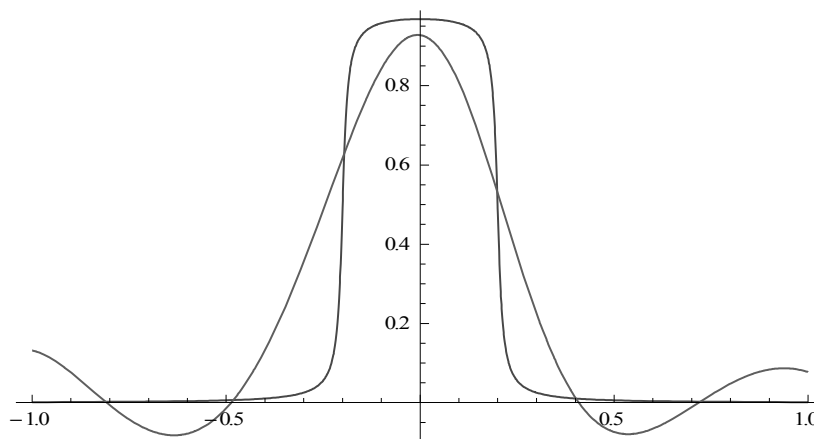


Рис. 2. Тестовое и подобранное решение при $y = 0.01$.

Заключение. Предлагаемый нейросетевой подход к построению иерархической системы мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды позволит дать более точный прогноз загрязнений окружающей среды, прогноз возможных экологических катастроф, путей их предотвращения и минимизации их неблагоприятных последствий, обеспечить выработку оптимальных способов управления состоянием окружающей среды на разных пространственных и временных масштабах и различными субъектами такого управления, дать объективную оценку ущерба окружающей среде и здоровью граждан и адекватное наказание виновникам такого ущерба.

Литература

1. Романова А.Г., Тархов Д.А., Шемякина Т.А. Нейросетевое моделирование в обратных задачах экологического мониторинга // Материалы XVIII Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС'2013), Алушта. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2013. – С. 228 – 231.
2. Romanova A.G., Tarhov D.A., Shemyakina T.A. Neural Network Modeling Application to Ecologic Problems // Nonlinear Phenomenology Advances, Book of Abstracts: International Seminar. Edited by V.I. Antonov & D.W. Serov, – St. Petersburg: Publishing Hous of SPbSTU, 2013. – P. 39.
3. Тархов Д.А., Васильев А.Н., Идрисова Д.И. Нейросетевое моделирование системы мониторинга загрязнений атмосферы и обеспечение безопасных условий труда в строительстве // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. – 2012. – №2–1(147). – С.266–272.
4. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528с.
5. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982 – 320 с.
6. Алексеенко С.Н., Шемякина Т.А., Чезганов В.С. Локальное существование ограниченного решения системы Франкля в эллиптическом случае // Исследования по интегро – дифференциальным уравнениям. – Бишкек: Илим, 2006. – Вып. 35. – С. 148–152.
7. Алексеенко С.Н., Шемякина Т.А. Построение расширенной характеристической системы уравнений для частного случая системы Франкля эллиптического типа // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико–математические науки. – 2009. – №3 (83). – С. 73–82.
8. Шемякина Т.А. Примеры решения задачи Коши для некоторых вариантов системы Франкля эллиптического типа // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико–математические науки. –2011. – №4 (134)– С. 191–197.

Рунова Л.П.

Южный федеральный университет, к.э.н., доцент кафедры экономической кибернетики,
lrunova@yandex.ru

Эконометрическое моделирование экономики региона с помощью путевого анализа в пакете STATISTICA

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Региональная экономика, моделирование, прогнозирование, эконометрика, путевой анализ.

АННОТАЦИЯ:

В этой статье предпринимается попытка построить модель прогнозирования экономики региона, используя эконометрические методы. Исследования ведутся на примере Ростовской области РФ.

Развитие экономики Ростовской области основывается на воздействии таких факторов, как выгодное экономико-географическое положение (связь центра России с Северным Кавказом и Закавказьем), наличие природных ресурсов, исторически благоприятные условия развития, высокая обеспеченность трудовыми ресурсами, хорошо развитая транспортная инфраструктура. По темпам экономических преобразований последних лет и объемам выпуска товаров и услуг область занимает одну из ведущих позиций, как в Южном федеральном округе, так и по России в целом. Ростовская область – один из крупнейших сельскохозяйственных регионов Российской Федерации, поэтому невозможно представить экономику региона без учёта влияния на неё сельскохозяйственного сектора.

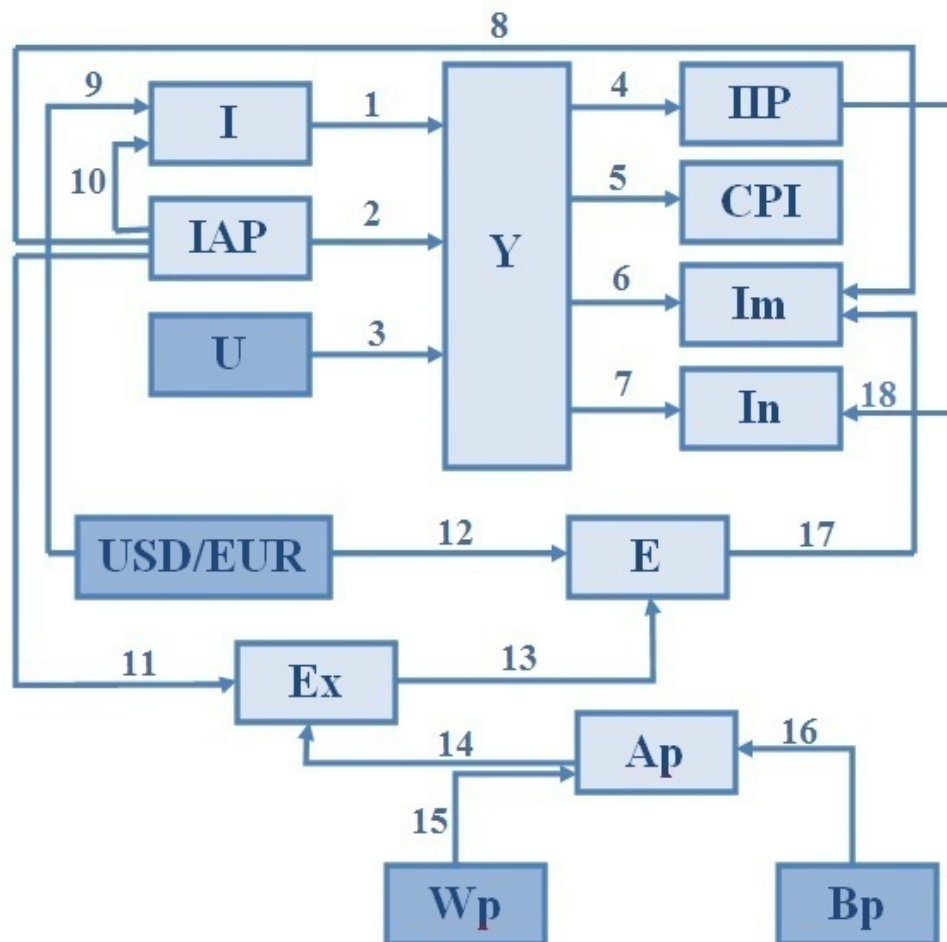
Обеспечить подробную оценку современной экономики Ростовской области может только система моделей, воспроизводящая функционирование региональной социально-экономической системы во времени и пространстве.

Для исследования экономики региона строится эконометрическая модель, которая содержит 14 переменных (Приложение А), среди которых в качестве экзогенных были выбраны: отношение курса евро к курсу доллара, уровень безработицы, средние цены производителей на пшеницу и средние цены производителей на ячмень.

Основываясь на работе, проведённой в 2007 году коллективом авторов из центра стратегических разработок, Института экономики переходного периода и Института энергетической политики, а также принятой программы стратегического социально-экономического развития Ростовской области до 2020 года, был выбран следующий набор показателей:

1. I – индекс реальных инвестиций в основной капитал, с поправкой на сезонность. Инвестиции в основной капитал - совокупность затрат, направленных на создание и воспроизводство основных средств (новое строительство, расширение, а также реконструкция и модернизация объектов, которые приводят к увеличению первоначальной стоимости объектов, приобретение машин, оборудования, транспортных средств, затраты на формирование основного стада, выращивание многолетних насаждений и т.д.).
2. U- уровень безработицы. Уровень безработицы - процент безработных от общего количества гражданской рабочей силы. Уровень безработицы изменяется под влиянием циклического характера развития экономики. Обычно рост безработицы сопровождается падением курса национальной валюты.
3. Y – темп роста реального объёма ВРП, % к соответствующему периоду предыдущего года. Валовой региональный продукт (ВРП) – обобщающий показатель экономической деятельности региона, характеризующий процесс производства товаров и услуг.
4. USD_EUR – отношение курса евро к курсу доллара.
5. E – номинальный обменный курс рубля к доллару; номинальным обменным курсом называется соотношение, в котором обмениваются национальные валюты двух стран.
6. Im- импорт, млн. доллара США; импорт - ввоз в регион товаров, работ, услуг результатов интеллектуальной деятельности и т. п. из-за других областей или из заграницы без обязательств про обратный вывоз.
7. Ex- экспорт, млн. доллара США; товары и услуги, продаваемые другим областям и странам.
8. CPI – индекс потребительских цен, % к соответствующему периоду предыдущего года; индекс потребительских цен (ИПЦ) – один из важнейших показателей, характеризующих уровень инфляции. ИПЦ отражает изменение во времени общего уровня цен на товары и услуги, приобретаемые населением для непроизводственного потребления.
9. IP – индекс промышленного производства, с поправкой на сезонность; индекс промышленного производства - агрегированный индекс производства по видам деятельности "добыча полезных ископаемых", "обрабатывающие производства", "производство и распределение электроэнергии, газа и воды".
10. IAP - индекс реального объёма сельскохозяйственного производства, с поправкой на сезонность; индекс сельскохозяйственного производства - агрегированный индекс производства по сельскохозяйственной деятельности .

- Для использования процедуры путевого анализа определим диаграмму, в которой регрессоры модели будут распределены по категориям причины и следствия (рис. 1).



Применим к данным (приложение А) путевой анализ пакета STATISTICA, используя метод максимального правдоподобия. Путевой

542

анализ основан на изучении всей структуры причинных связей между переменными, т. е. на построении графа связей и изоморфной ему рекурсивной системы уравнений. Его основным положением является то, что оценки стандартизованных коэффициентов рекурсивной системы уравнений, которые интерпретируются как коэффициенты влияния (путевые коэффициенты), рассчитываются на основе коэффициентов парной корреляции. Это позволяет проанализировать структуру корреляционной связи с точки зрения причинности. Каждый коэффициент парной корреляции рассматривается как мера полной связи двух переменных. Кроме того, следует помнить, что путевой анализ позволяет разложить величину этого коэффициента на четыре компоненты.

Путевой анализ, как и множественная регрессия, сегодня является частью большинства стандартных статистических программ для компьютера. Не стоит, однако, забывать о том, что при любом уровне прогресса в компьютерном обеспечении задать причинную модель, т.е. совокупность содержательных гипотез, подлежащих статистическому оцениванию, может только сам исследователь.

	Model Estimates (NEW)			
	Parameter Estimate	Standard Error	T Statistic	Prob. Level
[I]-1->[Y]	0,059	0,022	2,730	0,006338
[IAP]-2->[Y]	-0,221	0,040	-5,482	0,000000
[U]-3->[Y]	-2,646	0,386	-6,854	0,000000
[Y]-4->[IIP]	0,973	0,112	8,653	0,000000
[Y]-5->[CPI]	0,008	0,012	0,710	0,477708
[Y]-6->[IM]	517,113	84,416	6,126	0,000000
[Y]-7->[IN]	-103,526	103,283	-1,002	0,316173
[IAP]-8->[IM]	322,238	35,170	9,162	0,000000
[USD_EUR]-9->[I]	30,789	53,217	0,579	0,562894
[IAP]-10->[I]	0,984	0,186	5,277	0,000000
[IAP]-11->[EX]	242,666	49,125	4,940	0,000001
[USD_EUR]-12->[E]	44,985	5,808	7,745	0,000000
[EX]-13->[E]	-0,000	0,000	-2,202	0,027671
[AP]-14->[EX]	3,114	0,528	5,901	0,000000
[WP]-15->[AP]	0,861	0,016	53,158	0,000000
[BP]-16->[AP]	0,113	0,014	7,951	0,000000
[E]-17->[IM]	-90,923	136,603	-0,666	0,505668
[IIP]-32->[IN]	629,127	79,483	7,915	0,000000

Рисунок 2. Итог путевого анализа¹⁶

¹⁶ Рисунок составлен автором в ППП «STATISTICA»

После получения полного набора инструкций путевого анализа, переходим к оцениванию параметров путевого анализа (выбираем метод максимального правдоподобия).

Получив регрессионные коэффициенты влияния факторов друг на друга, запишем систему одновременных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = 0,059 * I - 0,221 * IAP - 2,646 * U; \\ IIP = 0,973 * Y; \\ CPI = 0,008 * Y; \\ Im = 517,113 * Y + 322,238 * IAP - 90,923 * E; \\ In = -103,526 * Y + 629,127 * IIP; \\ I = 30,789 * USD/EUR + 0,984 * IAP; \\ EX = 242,666 * IAP + 3,114 * AP; \\ E = 44,985 * USD/EUR - 0,00022 * EX; \\ AP = 0,861 * WP + 0,113 * BP. \end{array} \right.$$

Для ранжирования факторов по силе воздействия на результат стандартизуем данные и при помощи пакета STATISTICA применим к полученным данным путевой анализ, используя метод максимального правдоподобия.

В итоге получаем таблицу с результатами путевого анализа (Рис.3).

	Model Estimates (NEW)			
	Parameter Estimate	Standard Error	T Statistic	Prob. Level
[I]-1->[Y]	0,260	0,095	2,730	0,006
[IAP]-2->[Y]	-0,518	0,094	-5,482	0,000
[U]-3->[Y]	-0,537	0,078	-6,854	0,000
[Y]-4->[IIP]	0,727	0,084	8,653	0,000
[Y]-5->[CPI]	0,089	0,125	0,710	0,478
[Y]-6->[IM]	0,517	0,084	6,126	0,000
[Y]-7->[IN]	-0,124	0,123	-1,002	0,316
[IAP]-8->[IM]	0,756	0,083	9,162	0,000
[USD_EUR]-9->[I]	0,056	0,096	0,579	0,563
[IAP]-10->[I]	0,525	0,100	5,277	0,000
[IAP]-11->[EX]	0,387	0,078	4,940	0,000
[USD_EUR]-12->[E]	0,671	0,087	7,745	0,000
[EX]-13->[E]	-0,220	0,100	-2,202	0,028
[AP]-14->[EX]	0,607	0,103	5,901	0,000
[WP]-15->[AP]	0,885	0,017	53,158	0,000
[BP]-16->[AP]	0,120	0,015	7,951	0,000
[E]-17->[IM]	-0,049	0,073	-0,666	0,506
[IIP]-32->[IN]	1,005	0,127	7,915	0,000

Рисунок 3 – Итог путевого анализа для стандартизованных данных¹⁷

Без учета случайных ошибок система одновременных уравнений,

17 Рисунок составлен автором в ППП «STATISTICA»

полученная выше, будет иметь вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y = 0,26 * I - 0,518 * IAP - 0,537 * U; \\ \quad \quad \quad IIP = 0,727 * Y; \\ \quad \quad \quad CPI = 0,089 * Y; \\ Im = 0,517 * Y + 0,756 * IAP - 0,049 * E; \\ \quad \quad \quad In = -0,124 * Y + 1,005 * IIP; \\ \quad \quad \quad I = 0,056 * \frac{USD}{EUR} + 0,525 * IAP; \\ EX = 0,387 * IAP + 0,607 * AP; \\ \quad \quad \quad E = 0,671 * \frac{USD}{EUR} - 0,22 * EX; \\ \quad \quad \quad AP = 0,885 * WP + 0,12 * BP. \end{array} \right.$$

Получив стандартизованные регрессионные коэффициенты, ранжируем факторы модели по силе воздействия на результат. Для этого анализируем стандартизованные коэффициенты в каждом уравнении модели.

1) $Y = 0,26 * I - 0,518 * IAP - 0,537 * U;$

Из уравнения видно, что индекс реального объема сельскохозяйственного производства и уровень безработицы оказывают практически одинаковое влияние на темп роста реального объема ВРП, в то время как индекс реальных инвестиций в основной капитал оказывает меньшее влияние, но остается значимым по критерию Стьюдента.

2) $Im = 0,517 * Y + 0,756 * IAP - 0,049 * E;$

Наибольшее влияние на импорт оказывает индекс реального объема сельскохозяйственного производства, темп роста реального объема ВРП также оказывает сильное влияние, а влияние номинального обменного курса рубля к доллару практически не заметно, отсюда следует, что действительно имеет место незначимость номинального обменного курса рубля к доллару по критерию Стьюдента.

3) $In = -0,124 * Y + 1,005 * IIP;$

Сильное влияние на среднечеловеческий денежный доход оказывает индекс промышленного производства, влияние темпа роста реального объема ВРП практически незначительно.

4) $I = 0,056 * \frac{USD}{EUR} + 0,525 * IAP;$

Стандартизованные коэффициенты показывают, что индекс реального объема сельскохозяйственного производства влияет на индекс реальных инвестиций в основной капитал почти в 10 раз сильнее, чем отношение курса евро к курсу доллара.

5) $EX = 0,387 * IAP + 0,607 * AP;$

На экспорт сильнее влияют средние цены производителей сельскохозяйственной продукции на зерновые и зернобобовые культуры, чем индекс реального объема сельскохозяйственного производства.

6) $E = 0,671 * \frac{USD}{EUR} - 0,22 * EX;$

Из уравнения модели видно, что экспорт влияет на обменный курс рубля к доллару почти в 3 раза сильнее, чем отношение курса евро к курсу доллара.

7) $AP=0,885*WP+0,12*BP$.

На средние цены производителей сельскохозяйственной продукции оказывают сильное влияние средние цены производителей на реализованную пшеницу; средние цены производителей на реализованный ячмень оказывают меньшее влияние.

В данной работе была рассмотрена возможность применения высоких эконометрических технологий на примере моделей на основе системы одновременных эконометрических уравнений. Кроме того, была произведена попытка оценивания и проверки адекватности модели экономического развития с помощью путевого анализа.

В модель экономики региона был включен индекс реального объема сельскохозяйственного производства. Более 65% валовой продукции сельского хозяйства области производится в отрасли растениеводства. Под зерновыми культурами занято около 67% посевных площадей. Главная зерновая культура – озимая пшеница. Широко распространены посевы ярового ячменя, кукурузы, проса, риса, гречихи, гороха, сои. Поэтому именно средние цены производителей на реализованную пшеницу и ячмень оказывают значительное влияние на средние цены производителей сельскохозяйственной продукции на зерновые и зернобобовые культуры, которые в свою очередь непосредственно влияют на социально-экономическую ситуацию в регионе.

Анализ коэффициентов, полученных в ходе построения модели, подтвердил предположения о причинно-следственных связях в модели. Результаты структурных уравнений модели в работе были проинтерпретированы и совпадают с действительной ситуацией в области.

Литература

1. Стратегия социально-экономического развития Ростовской области до 2020 года.
2. Плехотников К.Э Основы эконометрики в пакете STATISTICA. – М.: Вузовский учебник. 2010. – 298 с.
3. www.rostov.gks.ru
4. www.donland.ru

Семененко М.Г.

Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, доцент, msemenenko@mail.ru

Разработка приложений нечеткой логики в системе Mathematica

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Нечеткая логика, приложение, система компьютерной математики, банкротство фирмы.

АННОТАЦИЯ:

В настоящей работе рассматривается разработка приложений для вычислений на основе нечеткой логики в системе Mathematica на примере программы для приближенной оценки вероятности банкротства фирмы.

Введение

В настоящее время существуют различные подходы к оценке рисков. Одним из естественных приложений в данной области, по нашему мнению, является формализм нечеткой логики (Fuzzy Logic), определяющий современный подход к описанию бизнес-процессов, в которых присутствуют неопределенность и/или неточность исходной информации [1]. Процесс принятия решений в этом случае имеет многоаспектный и чрезвычайно сложный характер и требует применения современного программного обеспечения (ПО).

Подобное ПО сейчас часто является частью современных систем вычислительной математики. Например, в системах Matlab и Mathematica есть подсистема Fuzzy Logic. Однако использование подобных подсистем имеет существенные недостатки. В частности, эти продукты достаточно дороги и должны приобретаться с основной программой, что существенно увеличивает конечную стоимость. Кроме того, круг решаемых задач существенно ограничен стандартными случаями (как правило, это алгоритмы Мамдани и Сугено).

В то же время можно эффективно решать задачи нечеткой логики самостоятельным написанием программ, например в Mathcad [1, 2] или (как в данной работе) в системе Mathematica. Удобство последнего пакета заключается также в том, что корпорация Wolfram предоставляет пользователю бесплатный и легальный инструмент – CDF-плеер. Таким образом, сам программный продукт можно установить только на ПК разработчика программного кода, а остальные участники проекта (экономисты, математики и т.п.) могут наблюдать результаты вычислений в CDF-плеере.

В данной работе рассмотрен пример разработки программы на основе нечеткой логики для приближенной оценки вероятности банкротства

фирмы [2].

Описание лингвистических переменных

Следуя [2], будем считать, что нечеткая переменная g принимает значения в интервале $[0, 1]$ и имеет терм-множество значений {«Предельный риск банкротства», «Риск банкротства высокий», «Риск банкротства средний», «Риск банкротства низкий», «Риск банкротства незначителен»}.

Риск банкротства определяется следующими показателями (нечеткими переменными): X_1 – коэффициент автономии (отношение собственного капитала к валюте баланса); X_2 – коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами (отношение чистого оборотного капитала к оборотным активам); X_3 – коэффициент промежуточной ликвидности (отношение суммы денежных средств и дебиторской задолженности к краткосрочным пассивам); X_4 – коэффициент абсолютной ликвидности (отношение суммы денежных средств к краткосрочным пассивам); X_5 – оборачиваемость всех активов в годовом исчислении (отношение выручки от реализации к средней за период стоимости активов); X_6 – рентабельность всего капитала (отношение чистой прибыли к средней за период стоимости активов). Для простоты все шесть показателей считались равнозначными с уровнем значимости $1/6$.

Для всех переменных мы использовали трапециевидные функции принадлежности, параметры которых приведены в [2]. Функции принадлежности переменной X_1 показаны на рис. 1.

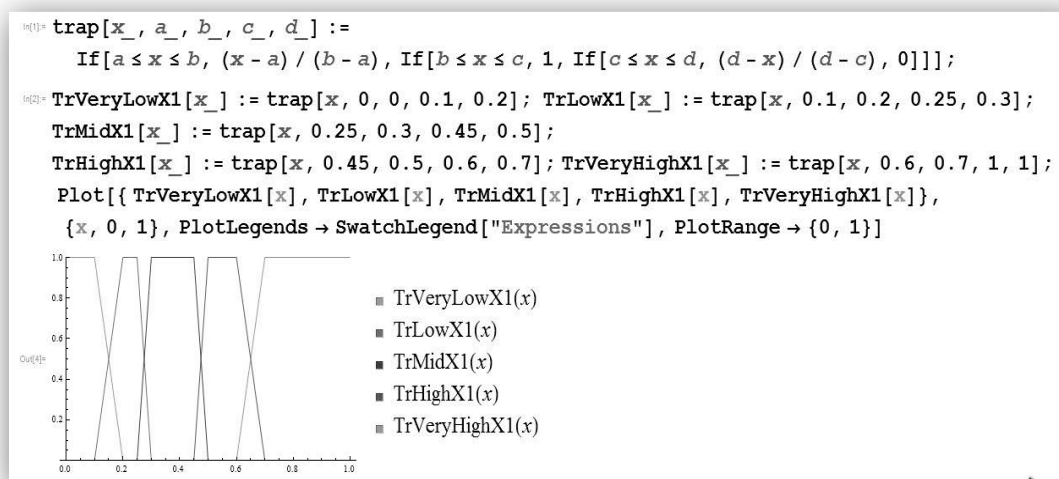


Рис.1. Пример задания трапециевидных функций принадлежности

В самом простом варианте программа состоит из однотипных блоков для каждой переменной.

Описание алгоритма

Задаем начальные значения переменных (массив $col1X$) и вычисляем уровни принадлежности λ нечетким подмножествам из терм-множества

значений переменной g (рис. 2).

Затем вычисляем степень риска банкротства:

$$g = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 g_j \sum_{i=1}^6 \lambda_{ij}, \text{ где } g_j = 0,9 - 0,2(j-1).$$

```
collX = {0.619, 0.294, 0.670, 0.112, 2.876, 0.113}
ClassIX1 = {TrVeryLowX1[collX[[1]]], TrLowX1[collX[[1]]], TrMidX1[collX[[1]]], TrHighX1[collX[[1]]],
  TrVeryHighX1[collX[[1]]]};
ClassIX2 = {TrVeryLowX2[collX[[2]]], TrLowX2[collX[[2]]], TrMidX2[collX[[2]]], TrHighX2[collX[[2]]],
  TrVeryHighX2[collX[[2]]]};
ClassIX3 = {TrVeryLowX3[collX[[3]]], TrLowX3[collX[[3]]], TrMidX3[collX[[3]]], TrHighX3[collX[[3]]],
  TrVeryHighX3[collX[[3]]]};
ClassIX4 = {TrVeryLowX4[collX[[4]]], TrLowX4[collX[[4]]], TrMidX4[collX[[4]]], TrHighX4[collX[[4]]],
  TrVeryHighX4[collX[[4]]]};
ClassIX5 = {TrVeryLowX5[collX[[5]]], TrLowX5[collX[[5]]], TrMidX5[collX[[5]]], TrHighX5[collX[[5]]],
  TrVeryHighX5[collX[[5]]]};
ClassIX6 = {TrVeryLowX6[collX[[6]]], TrLowX6[collX[[6]]], TrMidX6[collX[[6]]], TrHighX6[collX[[6]]],
  TrVeryHighX6[collX[[6]]]};
λIn = {ClassIX1, ClassIX2, ClassIX3, ClassIX4, ClassIX5, ClassIX6}; TableForm[λIn]

{0.619, 0.294, 0.67, 0.112, 2.876, 0.113}
0  0  0  0.81  0.19
0  0  1  0    0
0  1  0  0    0
0  0  1  0    0
0  0  0  0    1
0  0  0  1    0
```

Рис. 2. Таблица классификации уровней показателя

Переменные λ_{ij} определяются как значения соответствующих функций принадлежности для начальных значений переменных. В итоге получаем таблицу классификации уровней показателя, показанную на рис.2.

Аналогично вычисляется таблица классификации уровней показателя для конечных значений переменных. Результаты вычислений (таблица классификации уровней показателя) показаны на рис.3. Там же вычислены значения показателя g для начальных и конечных значений переменных (соответственно, 0.394 и 0.483). Таким образом, в течение исследуемого периода риск банкротства фирмы увеличился.

Анализ результатов

Очевидно, что для успешной оценки эффективности инвестиций необходима предварительная комплексная экспертиза с привлечением специалистов в области экономики, математики и программирования. В частности, в рассмотренном выше примере необходимо детально проанализировать целесообразность равнозначности всех показателей, выбор вида функций принадлежности и т.п.

```

TableForm[λF]

0    0    0    1    0
0    0    1    0    0
0    1    0    0    0
0    1    0    0    0
0    0    0    0    1
0    0.5  0.5  0    0

r = 1 / 6.; g = Table[0.9 - 0.2 * (j - 1), {j, 5}]

GIn = r ∑j=15 g[[j]] ∑i=16 λIn[[i, j]]

GF = r ∑j=15 g[[j]] ∑i=16 λF[[i, j]]

{0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1}

0.393667

0.483333

```

Рис. 3. Результаты вычисления риска банкротства фирмы

С этой точки зрения применение пакета прикладных программ Mathematica имеет следующие преимущества:

- язык программирования близок к естественному и текст программы понятен неспециалисту в области программирования;
- для просмотра результатов вычислений нет необходимости устанавливать программный продукт всем экспертам: тем, кто не занимается программированием, достаточно иметь свободно распространяемый лицензионный CDF-плеер.

Дополнительные возможности работы с проектом дает использование элементов объектно-ориентированного программирования и создание windows-приложений с использованием опции Manipulate. С примерами подобных разработок можно ознакомиться на сайте [3].

Литература

1. Семененко М.Г., Лесина Т.В. Оценка эффективности инвестиционных проектов на основе формализма нечеткой логики // Финансовая аналитика: проблемы и решения, т. 29, 2011. С. 63-68.
2. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дисс... докт. экон. наук. Ё СПб. 2003. Ё С. 61-69.
3. Сайт корпорации Wolfram, Inc. URL: <http://demonstrations.wolfram.com/> (дата обращения: 08.10.2013).

Афанасьевский Л.Б. ¹, Горин А.Н. ², Онуфриенко В.В. ³

¹ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), доцент, afleonid@yandex.ru

² ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), ст. преподаватель, algorin.algoral@mail.ru.

³ ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина) (г. Воронеж), начальник кафедры, afleonid@yandex.ru

Идентификация модели динамики в условиях возмущений, коррелированных во времени

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Модель динамики объекта, возмущения, информационные технологии, Delphi.

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрено применение различных элементов информационных технологий к идентификации модели динамики объекта при съеме информации в дискретные моменты времени и действию на объект возмущений, коррелированных во времени. Возмущения представляются как выходной сигнал фильтра, на входе которого действует белый шум с гауссовским распределением. В математическом плане задача сведена к максимизации функции правдоподобия, выполняемой с помощью метода сопряженных направлений. Программная реализация подхода выполнена в Delphi.

Широкое применение информационных технологий в учебном процессе позволяет ставить перед обучаемыми задачи, интегрирующие при их решении знания, полученные при изучении различных дисциплин. Идентификация моделей сложных объектов относится именно к задачам такого рода, требующая для решения свободного владения матричной алгеброй, теорией вероятностей, основами теории сигналов, методами оптимизации и др.

На практике достаточно часто системы управления строятся на базе цифровых вычислительных устройств, в связи с чем возникает задача построения моделей объектов динамики объектов, учитывающих эту особенность. Наличие модели позволяет выполнить как структурный, так и параметрический синтезы управляющего устройства.

При решении задачи предполагается, что известны последовательности наблюдений входного и выходного сигналов объекта, полученные в дискретные моменты времени, например, с помощью ЦВМ. Случайные возмущения, действующие на объект, являются ненаблюдаемыми. При построении модели возмущения считаются приведенными к выходу объекта.

Математическая модель, описывающая динамические свойства объекта управления и коррелированные во времени случайные возмущения, представляется в виде [1]

$$A(z^{-1})y(t) = z^{-r}B(z^{-1})u(t) + C(z^{-1})e(t), \quad (1)$$

где

$$A(z^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^n a_i z^{-i}; \quad B(z^{-1}) = \sum_{i=0}^m b_i z^{-i}; \quad C(z^{-1}) = 1 + \sum_{i=1}^k c_i z^{-i}; \quad m, k \leq n;$$

z – оператор сдвига; $z^{\frac{238}{93}n}x(t) = x(t - \frac{238}{93}n)$;

t – относительное время, равное целому числу периодов съема данных с объекта ($t = \dots, -1, 0, +1, \dots$);

r – относительное запаздывание (минимальное значение r равно единице);

$e(t)$ – независимая гауссовская последовательность с параметрами распределения $N(0, \sigma^2)$;

$\{u(t): t \in T\}; \{y(t): t \in T\}; \quad T = \{1, 2, \dots, N\}$ – центрированные последовательности наблюдений входного и выходного сигналов.

Структурные параметры модели n, m, k, r считаются заданными, их определение является самостоятельной задачей, рассматриваемой ниже.

Определению подлежат коэффициенты модели $a_i, i = 1, 2, \dots, n; b_i, i = 0, 1, \dots, m; c_i, i = 1, 2, \dots, k$.

Для решения задачи использован метод максимального правдоподобия, суть которого заключается в том, что из всех возможных значений оценок параметров $a_i, i = 1, 2, \dots, n; b_i, i = 0, 1, \dots, m; c_i, i = 1, 2, \dots, k$ выбираются те, которые обеспечивают максимум функции правдоподобия

$$\max_{\beta} p(e(t) | \beta) = l(\beta) = \frac{1}{(\sigma\sqrt{2\pi})^N} e^{-\sum_{t=1}^N e^2(t)/2\sigma^2},$$

где $\beta = (a_1 \dots a_n \ b_0 \ b_1 \dots b_m \ c_1 \dots c_k)^T$ – искомый вектор параметров модели и возмущений.

Максимизация функции правдоподобия может быть заменена более простой максимизацией логарифмической функции правдоподобия $L(\beta) = \ln(l(\beta))$, которая в данном случае принимает вид

$$L(\beta) = 0,5N[(\ln N - \ln 2\pi - 1) - \ln \sum_{t=1}^N e^2(t)]. \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что для максимизации $L(\beta)$ необходимо минимизировать функцию

$$V(\beta) = 0,5 \sum_{t=1}^N e^2(t). \quad (3)$$

Значения $e(t)$ в соответствии с (1) вычисляются по рекуррентной формуле

$$e(t) = y(t) + \sum_{i=1}^n \beta_i y(t-i) - \sum_{i=0}^m \beta_{n+1+i} u(t-r-i) - \sum_{i=1}^k \beta_{n+m+1+i} e(t-i). \quad (4)$$

Необходимым условием минимума функции (3) является равенство нулю ее производных по искомым параметрам модели, которые можно получить при дифференцировании выражений (4) и (3) по соответствующим параметрам.

Минимизация целевой функции $V(\beta)$ возможна только численными методами, поскольку она нелинейно зависит от параметров c_i .

Для минимизации этой функции удобно применить численный алгоритм Дэвидона-Флетчера-Пауэлла (DFP) [2], дающий быструю сходимость благодаря сопряженным направлениям поиска, использующий только первые производные целевой функции, имеющий защиту от численной неустойчивости и не требующий обращения матрицы.

Вектор градиента V_{β}^i целевой функции $V(\beta)$ в точке β^i вычисляется рекуррентно по формулам

$$\frac{\partial V}{\partial \beta_j} = \sum_{t=1}^N e(t) \frac{\partial e(t)}{\partial \beta_j}, \quad j=1,2,\dots, n+m+k+1, \quad (5)$$

$$C(z^{-1}) \frac{\partial e(t)}{\partial a_j} = z^{-j} y(t), \quad j=1,\dots, n, \quad (6)$$

$$C(z^{-1}) \frac{\partial e(t)}{\partial b_j} = -z^{-(r+j)} u(t), \quad j=0,\dots, m, \quad (7)$$

$$C(z^{-1}) \frac{\partial e(t)}{\partial c_j} = -z^{-j} e(t), \quad j=1,\dots, k. \quad (8)$$

При использовании метода DFP i -ое направление поиска S^i для последовательной процедуры минимизации определяется уравнением

$$S^i = -\eta^i \cdot V_{\beta}^i,$$

где V_{β}^i – вектор градиента целевой функции $V(\beta)$ в точке β^i , который определяется на $(i-1)$ -ой итерации по формулам (5)-(8);

η^i – положительно определенная матрица, вычисляемая по уравнению

$$\eta^{i+1} = \eta^i + \frac{\Delta \beta^i \cdot (\Delta \beta^i)^T}{(\Delta \beta^i)^T \cdot \Delta V^i} - \frac{\eta^i \cdot \Delta V^i \cdot (\eta^i \cdot \Delta V^i)^T}{(\Delta V^i)^T \cdot \eta^i \cdot \Delta V^i},$$

где $\Delta \beta^i = \beta^{i+1} - \beta^i$, $\Delta V^i = V_{\beta}^{i+1} - V_{\beta}^i$,

T – знак транспонирования.

В качестве η^0 используется единичная матрица $\eta^0 = I$.

Следующая точка поиска определяется по формуле

$$\beta^{i+1} = \beta^i + \lambda_m^i \cdot S^i,$$

где λ_m^i минимизирует $V(\beta^i + \lambda^i \cdot S^i)$ по λ ($\lambda_m^i > 0$). Для минимизации $V(\beta^i + \lambda^i \cdot S^i)$ по λ^i используется метод «золотого» сечения [2].

В точке оптимума после выполнения $L > n+m+k$ итераций матрица η^L сходится к обратной матрице вторых частных производных целевой функции по параметрам, т.е. $\eta^L \cong V_{\beta\beta}^{-1}$. Это обстоятельство позволяет без дополнительных вычислений получить в точке оптимума приближенную ковариационную матрицу оценок параметров модели $R \cong \sigma^2 \eta^{onm}$, которая и

характеризует точностные свойства получаемых оценок.

Здесь σ^2 – оценка дисперсии последовательности $e(t)$, также получаемая в результате работы программы:

$$\sigma^2 = 2 \cdot V(\beta^{om})/N.$$

Начальные условия для последовательностей $y(t)$, $u(t)$, $e(t)$ при вычислениях по формуле (4) можно принять нулевыми. Для устранения влияния начальных условий суммирование в (3) следует начинать, например с $t = 15-20$.

Таким образом, задача параметрической идентификации модели (1) представляет собой задачу нелинейного программирования без ограничений, которая решается методом сопряженных направлений.

Начальные оценки параметров β^0 вычисляются в предположении, что в модели (1) возмущение является «белым шумом», т.е. $c_i = 0, i = 1, \dots, k$. Тогда модель (1) становится линейной по параметрам, если в качестве вычисляемой переменной рассматривается $e(t)$. В этом случае минимизация целевой функции (3) выполняется методом наименьших квадратов, который в вычислительном плане сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений

$$Q \beta^0 = F,$$

где $Q = \begin{pmatrix} Q_1 & Q_2 \\ Q_2^T & Q_3 \end{pmatrix}$, Q_1, Q_3 – симметричные матрицы:

$$Q_1 = \begin{pmatrix} R_y(0) & R_y(1) & \dots & R_y(n-1) \\ & R_y(0) & \dots & R_y(n-2) \\ & & \dots & \dots \\ & & & R_y(0) \end{pmatrix},$$

$$Q_3 = \begin{pmatrix} R_u(0) & R_u(1) & \dots & R_u(m) \\ & R_u(0) & \dots & R_u(m-1) \\ & & \dots & \dots \\ & & & R_u(0) \end{pmatrix};$$

$$Q_2 = \begin{pmatrix} -R_{uy}(r-1) & -R_{uy}(r) & \dots & -R_{uy}(r+m-1) \\ -R_{uy}(r-2) & -R_{uy}(r-1) & \dots & -R_{uy}(r+m-2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -R_{uy}(r-n) & -R_{uy}(r-n+1) & \dots & -R_{uy}(r+m-n) \end{pmatrix}.$$

Вектор свободных членов имеет вид

$$F = (-R_y(1) \ -R_y(2) \ \dots \ -R_y(n) \ R_{uy}(r) \ R_{uy}(r+1) \ \dots \ R_{uy}(r+m))^T.$$

В приведенных выражениях $R_u(\bullet)$, $R_y(\bullet)$, $R_{uy}(\bullet)$ являются авто- и взаимно корреляционными функциями центрированных входного и выходного сигналов, вычисляемыми по формулам

$$R_u(j) = \frac{1}{N-j} \sum_{t=1}^{N-j} u(t)u(t+j), \quad R_y(j) = \frac{1}{N-j} \sum_{t=1}^{N-j} y(t)y(t+j),$$

$$R_{uy}(j) = \frac{1}{N-j} \sum_{t=1}^{N-j} u(t)y(t+j), \quad R_{yu}(j) = \frac{1}{N-j} \sum_{t=1}^{N-j} y(t)u(t+j), \quad j=0,1,\dots$$

Центрированные значения входной и выходной последовательностей определяются выражениями

$$u(t) = u^*(t) - m_u, \quad y(t) = y^*(t) - m_y, \quad m_u = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N u^*(t), \quad m_y = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N y^*(t),$$

где $u^*(t)$, $y^*(t)$ – последовательности наблюдений входного и выходного сигналов объекта.

Определение структурных параметров модели n , m , k , r требует многошаговой процедуры.

Величина запаздывания r должна быть, по крайней мере, на единицу меньше значения, соответствующего максимуму взаимно корреляционной функции (рисунок 1).

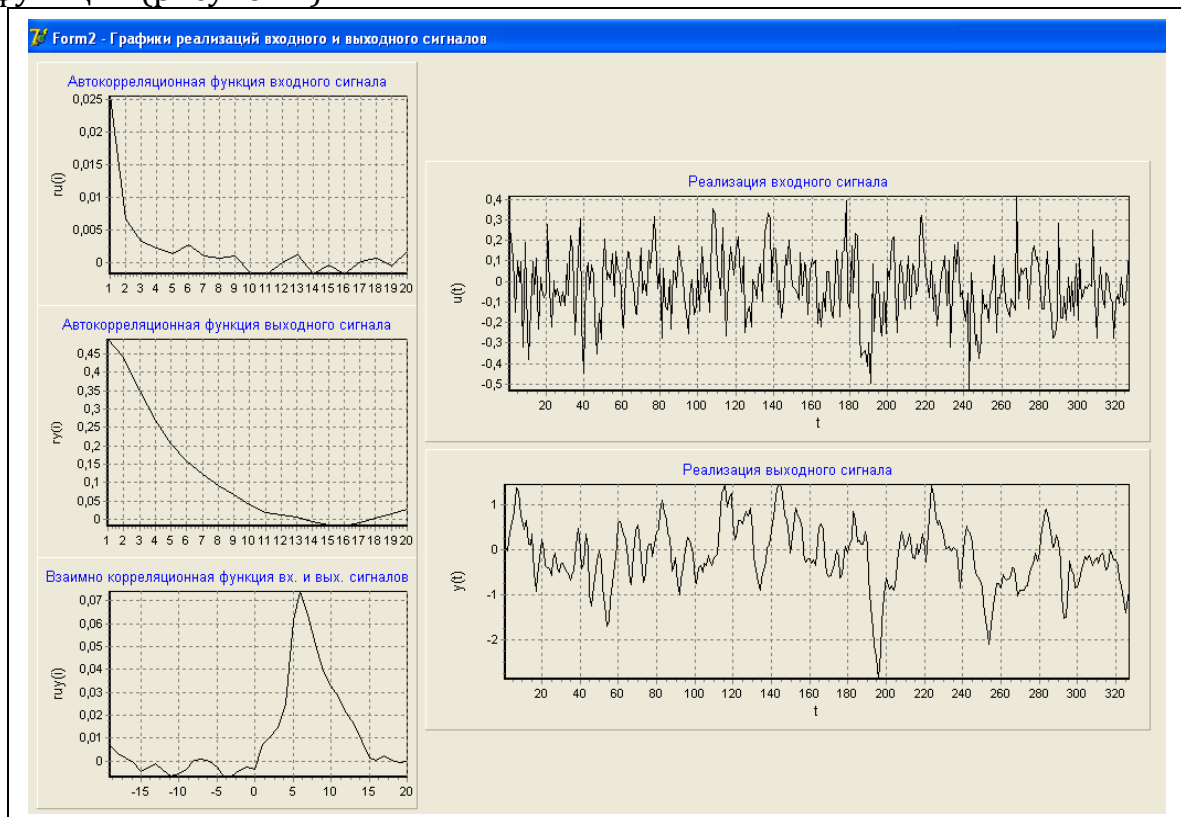


Рисунок 1 – Графики реализаций входного и выходного сигналов и корреляционных функций

По графикам автокорреляционных функций можно сделать выбор начальных значений структурных параметров модели n , m , k . Если максимальное значение корреляционного сдвига автокорреляционной функции выходного сигнала, при котором ее значение превышает 0,1 значения при нулевом сдвиге, существенно больше соответствующего значения для входного сигнала, то можно выбрать значения n , m , k равными 2. При соизмеримости этих значений порядки полиномов следует выбрать равными 1.

Адекватность модели проверяется по критерию хи-квадрат. Величиной, распределенной по закону хи-квадрат, является сумма значений автокорреляционной функции для ошибок модели, определяемых с учетом исходных реализаций сигналов объекта и модели, полученной в результате идентификации.

Определение структурных параметров модели, т.е. определение порядков полиномов $A(z-1)$, $B(z-1)$, $C(z-1)$, может быть выполнено путем сравнения величины целевой функции, полученной для нескольких вариантов расчета (таблица 1). При этом дополнительно должны анализироваться соотношения между абсолютными значениями параметров модели и их погрешностями. При соизмеримости значений параметра и его погрешности должен быть уменьшен порядок соответствующего полинома.

Таблица 1 – Значения целевой функции для разных вариантов расчета

Номер варианта	n	m	k	r	$V(\beta)$
1	2	1	1	6	9,977
2	2	1	1	5	3,197
3	1	1	1	5	3,208
4	2	1	1	4	3,523
5	1	1	1	4	4,799
6	2	1	1	3	7,770

Из таблицы 1 следует, что должна быть выбрана структура модели, соответствующая варианту 2. Но для этого варианта значения параметра a_2 и его погрешности соизмеримы: $a_2 = 0,0572 \pm 0,0592$, поэтому можно уменьшить порядок полинома $A(z^{-1})$. Для варианта 3 значение целевой функции увеличилось незначительно, но погрешности определения параметров в этом случае существенно меньше значений самих параметров.

Заметим, что здесь для всех вариантов расчета, кроме первого и шестого, модель является адекватной.

Литература

1. Острем К.Ю. Введение в стохастическую теорию управления. – М.: Мир, 1973.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: Мир, 1975.

Скрипачев В.О.¹, Назаренко А.С.², Полушковский Ю.А.³

¹ НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», заместитель начальника отдела, skripatchevv@inbox.ru

² НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», ведущий инженер

³ НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», начальник отдела

Программное обеспечение обработки данных VLF-сигналов для мониторинга ионосферы

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Ионосфера, приемник, VLF-передатчик, программное обеспечение, мониторинг, графический интерфейс.

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрены возможности применения VLF сигналов (до 50кГц) для мониторинга состояния ионосферы. Источниками VLF сигналов являются свыше 20 сверх длинноволновых передатчиков, расположенных в разных регионах мира. Рассмотрены структура и возможности созданного программного обеспечения для оперативной работы с данными VLF, принятыми наземным приемником. Показаны дальнейшие направления по совершенствованию программного обеспечения.

Введение

Изучение структуры ионосферы важно как для понимания физики протекающих в ней процессов, так и для решения разнообразных прикладных задач, связанных с распространением радиоволн, мониторингом землетрясений и др. Исследование ионосферы проводится в следующих направлениях [1]:

10. Морфологическое рассмотрение структуры ионосферы, для чего требуются детальные и точные измерения мгновенных значений ряда ионосферных параметров. Такие методы применимы для изучения физики верхней ионосферы.

11. Определение состояния ионосферы и динамики ее изменений, требующее статистически репрезентативных полных рядов данных.

Один из способов исследования ионосферы основан на анализе характеристик сверхдлинноволновых (СДВ) радиосигналов, принимаемых наземными приемниками, источниками которых являются СДВ - радиопередатчики, работающие в диапазоне частот 10...50 кГц. Расположение Европейских СДВ-передатчиков показано на Рис. 1.

Экспериментально установлено, что среднесуточный объем данных по наблюдениям сигналов от ~25 постоянно работающих СДВ-радиопередатчиков мировой сети может составить несколько сот мегабайт, что обуславливает необходимость применения современных

информационных технологий для сбора и обработки результатов наблюдения.

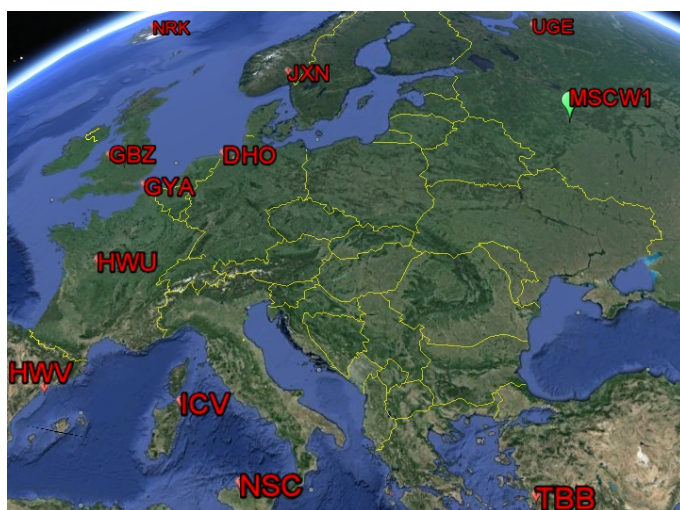


Рис. 1. Расположение Европейских СДВ радиопередатчиков

Описание методики исследования ионосферы СДВ сигналами

В настоящее время исследование возмущений нижней ионосферы, в частности, по сигналам СДВ-радиопередатчиков осуществляется различными организациями. Широко используются данные, получаемые Центром солнечных исследований Стэнфордского университета, посредством территориально распределенной сети наземных СДВ-приемников (Рис. 2).

Методика заключается в приеме наземным радиоприемником сигнала СДВ-радиопередатчика, отраженного от слоев Е и D ионосферы (Рис. 3). В качестве аналогово-цифрового преобразователя, как правило, используется звуковая карта ПЭВМ с частотой дискретизации не менее 96 кГц. Высота отражения сигнала и степень его поглощения (затухания) ионосферой определяется различными гелиогеофизическими или антропогенными факторами, что проявляется в характеристиках принимаемого сигнала.



Рис. 2. Расположение существующих приемников СДВ-сигналов

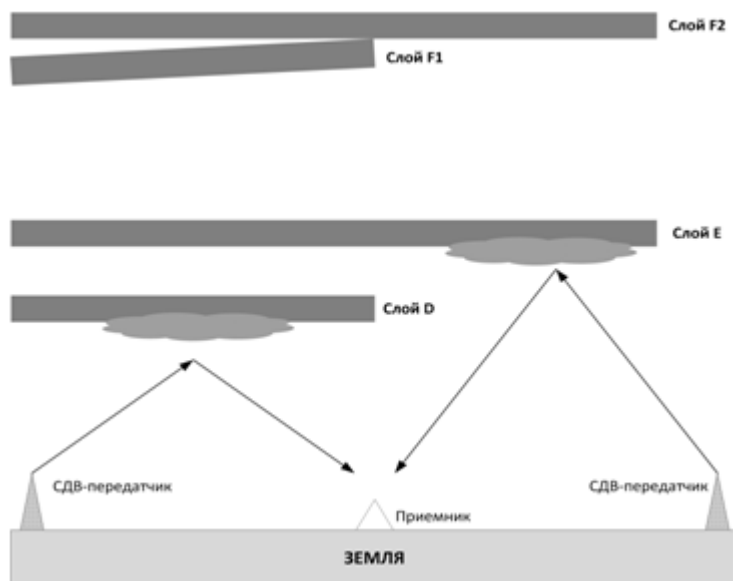


Рис. 3. Иллюстрация метода мониторинга ионосферы

Структура программного обеспечения

Для проведения экспериментов использован приемник Стэнфордского университета, работающий в частотном диапазоне 10...50 кГц. Прилагаемое к приемнику программное обеспечение (ПО), реализованное на языке Python, обеспечивает с 5-секундным интервалом сохранение оцифрованных данных, соответствующих частотам СДВ-передатчиков, указанных в конфигурационном файле. Особенностью работы ПО является однократное за сутки сохранение в различные файлы с предварительной селекцией измеренных параметров сигналов, что создает определенные трудности при проведении ряда экспериментов, связанных с необходимостью неоднократной в течение суток оперативной перенастройки системы. Для устранения названного недостатка разработано специальное программное обеспечение (СПО), выполняющее функции:

- корректировка конфигурационного файла с добавлением новых частот для диагностики возможного уширения спектра;
- селекция данных по частотам;
- слияние в один файл данных измерений по частотам в заданные интервалы времени.

СПО разработано с использованием языка C/C++. Для построения графического интерфейса (GUI) использованы возможности кроссплатформенной библиотеки Qt, отличительной особенностью которой является возможность создания системы предварительной обработки исходного кода - Meta Object Compiler. Библиотека Qt широко используется в зарубежных космических проектах, выполняемых Европейским космическим агентством (ESA), американским Национальным агентством океанографии и атмосферы (NOAA) и др. Особенности библиотеки Qt подробно рассмотрены в [2, 3].

Для описания структуры программного обеспечения воспользуемся унифицированным языком моделирования UML (Unified Modeling Language), который применяется при графическом описании объектного моделирования в области разработки программного обеспечения. При этом UML является языком широкого профиля. Это открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой UML-моделью [4]. На Рис. 4 приведены диаграммы основных классов, обеспечивающих функции селекции и слияния данных - Parser и Concatenator и показаны их атрибуты и функции.

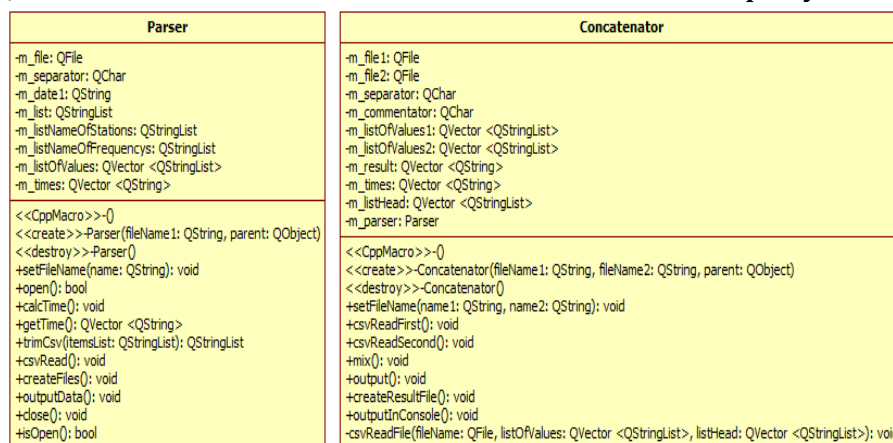


Рис. 4. UML-диаграмма классов Parser и Concatenator

Разработанное СПО дополнено графическим интерфейсом пользователя (GUI), пример которого показаны на Рис. 5а и 5б.

Результатом работы СПО являются файлы данных, подлежащие дальнейшей обработке с помощью стандартных или специализированных программных пакетов, например Microsoft Excel или R [5].

Пример выполненной в Microsoft Excel визуализации результатов обработки суточных данных, полученных 24 и 25 августа 2013г. на частоте $f=25.1$ кГц, приведен на Рис. 6.

Из Рис. 6 видны значительные вариации мощности (Дб) принимаемого сигнала в утренние часы (UTC), что позволяет судить об особенностях ионосферных процессов при прохождении терминатора через зону отражения СДВ-сигнала от возмущенной области ионосферы.

Дальнейшее развитие разработанного СПО направлено на решение задачи обработки данных для выявления ионосферных возмущений путем автоматизации процессов с применением методов математической статистики, трехмерной визуализации, а также разработки методики валидации результатов измерений по данным бортовой научной аппаратуры космических аппаратов.

Разработанное СПО для обработки данных расширило возможности аппаратно-программного комплекса диагностики нижних слоев ионосферы по характеристикам сигналов СДВ-радиопередатчиков.

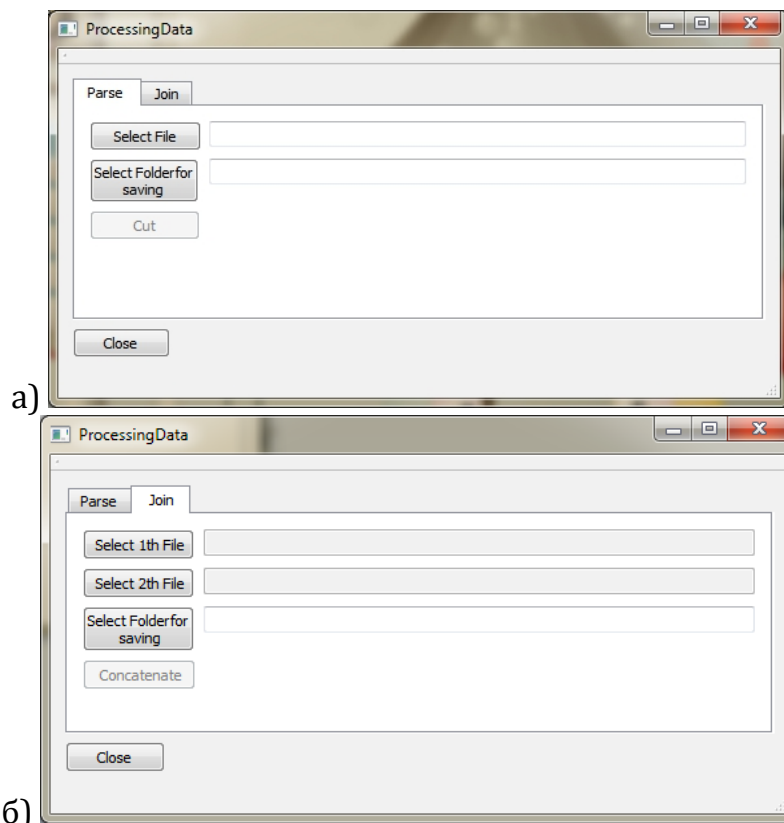


Рис. 5. Графический интерфейс пользователя в составе разработанного СПО, использующий классы *Parser* (а) и *Concatenator* (б)

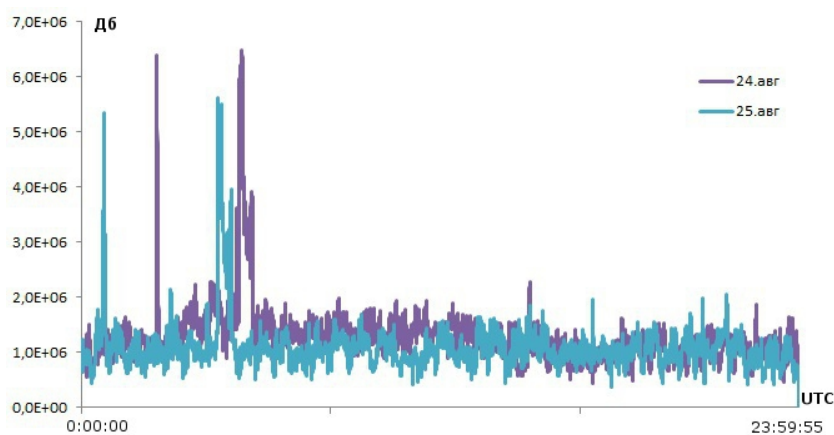


Рис. 6. Пример визуализации обработанных данных, построенной в Excel

Литература

1. Гершман Б.Н., Ерухимов Л.М., Яшин Ю.Я. Волновые явления в ионосфере и космической плазме. – М.: Наука. Главная ред. физ-мат. лит., 1984.– 392 с.
2. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: Программирование GUI на C++. — М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2007. — 648с.
3. Саммерфилд М. Qt. Профессиональное программирование. Разработка кроссплатформенных приложений на C++. — СПб.: «Символ-Плюс», 2011. — 560с.
4. Грейди Буч, Джеймс Рамбо, Айвар Джекобсон. Язык UML. Руководство пользователя = The Unified Modeling Language user guide. — 2-е изд. — М., СПб.: Питер, 2004. — 432 с.
5. Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R. - ДМК Пресс, 2014, 579с.

Скрипачев В.О.¹, Яковлев О.В.²

¹ НТЦ «Космонит» ОАО «Российские космические системы», заместитель начальника отдела, skripatchevv@inbox.ru

² ВЦ им. А.А. Дородницына, с.н.с.

Использование информационных ресурсов глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга ионосферы

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Ионосфера, глобальная навигационная спутниковая система, навигационный космический аппарат, формат RINEX, полное электронное содержание.

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрены возможности глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS/ГЛОНАСС как информационных ресурсов для мониторинга состояния ионосферы. Характеристики принятых сигналов ГНСС записываются в бинарные файлы, либо в файлы формата RINEX, и позволяют оценить полное электронное содержание в ионосфере. Рассмотрены программные средства, использованные при разработке программного комплекса мониторинга ионосферы.

Введение

Информационные ресурсы о состоянии ионосферы, полученные путем обработки данных, принимаемых с навигационных космических аппаратов (НКА), широко используются при проведении научных исследований.

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) изначально были предназначены для решения прикладных задач определенного узкого круга [1, 2]. Вместе с тем, область применения ГНСС оказалась намного шире, что объясняется тем, что ГНСС обладают мощным информационным ресурсом, обусловленным использованием как орбитального, так и наземного сегментов [1]. В наземный сегмент входят средства управления НКА и навигационная аппаратура потребителей (НАП).

Учитывая, что доступ к ресурсам НАП в большинстве случаев свободный, их использование в научных и учебных целях не вызывает затруднений ни в организационном, ни в техническом отношении. Например, сбор данных, необходимых для исследования ионосферы может осуществляться путем взаимодействия с серверами различных геодезических сетей, например, International GNSS Service (<http://igsb.jpl.nasa.gov>), предоставляющая данные, содержащие

характеристики сигналов GPS/ГЛОНАСС (Рис. 1).

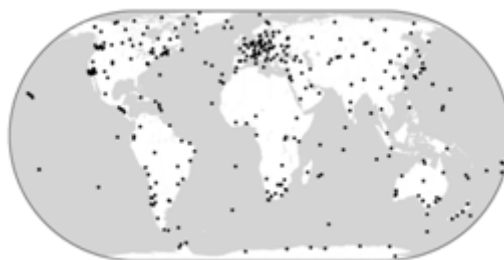


Рис. 1. Сеть приемников, входящих в IGS

Описание методики исследования ионосферы сигналами ГНСС

Общеизвестно влияние физических свойств ионосферы, особенно слоя F2 на высотах 250-400 км, на характеристики сигналов НКА (затухание уровня сигналов, задержка времени распространения и др.). Наибольшая ионосферная задержка наблюдается вблизи широтных зон с наибольшей флуктуацией электронной концентрации ионосферы, расположенных вблизи магнитного экватора (± 20 градусов) и магнитных полюсов.

В этих зонах максимум электронной плотности проявляется около 2 LT, понижение электронной плотности в ночное время определяется отсутствием солнечного излучения и рекомбинацией свободных электронов и ионов. Скорость распространения радиоволны в ионосфере зависит от ее параметра - полное электронное содержание TEC (Total electron content):

$$TEC = \int_S^P n_e(s) ds ,$$

где $n_e(s)$ – переменная электронная плотность вдоль пути распространения сигнала. Интегрирование производится вдоль пути сигнала от спутника S к приемнику P.

На Рис. 2 приведена схема мониторинга ионосферы с помощью наземного приемника сигналов ГНСС GPS/ГЛОНАСС. Как видно из Рис. 2, чем ближе НКА к зениту, тем меньше длина пути через ионосферу. Следовательно, TEC имеет наименьшее значение в вертикальном направлении (Vertical TEC).

Таким образом, концентрация электронов зависит от угла возвышения НКА, географического положения приемника, времени суток, года и активности Солнца.

Данные, регистрируемые навигационными приемниками ГНСС, могут записываться как в собственных бинарных форматах, характерных для каждой компании-разработчика приемников ГНСС, так и в формате RINEX (Receiver Independent Exchange Format) – в стандарте, разработанном Астрономическим институтом Бернского университета, позволяющим хранить и передавать промежуточные измерения произведенные приемником, а также проводить постобработку полученных данных различными приложениями.

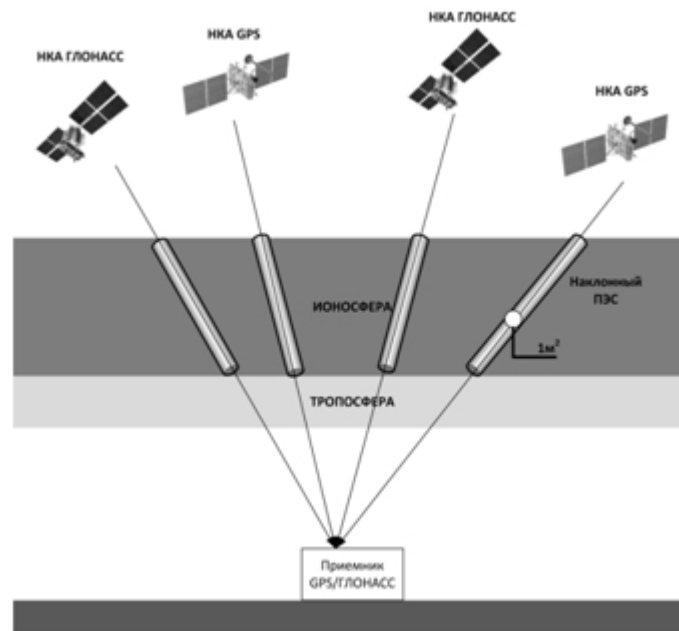


Рис. 2. Схема мониторинга ионосферы с помощью ГНСС

Формат спроектирован так, чтобы его можно было адаптировать под новые типы измеряемых данных и новые ГНСС.

Стандарт формата RINEX описывает шесть типов файлов:

- файл с данными наблюдений приемника - RINEX Observation Data File (RINEX OBS);
- файл навигационного сообщения - RINEX Navigation Message File (RINEX NAV);
- файл с метеорологическими данными - RINEX Meteorological Data File (RINEX MET);
- файл навигационного сообщения ГЛОНАСС - RINEX GLONASS Navigation Message File (RINEX GLO);
- файл навигационного сообщения геостационарных КА - RINEX GEO Navigation Message File (RINEX GEO);
- файл с показаниями часов низкоорбитальных КА и приемника - RINEX Satellite and Receiver Clock Data File.

В настоящее время наиболее распространена версия 2.11, в которой содержатся данные о псевдодальности, фазе несущей и доплеровском сдвиге частот для ГНСС GPS и ГЛОНАСС.

Программное обеспечение обработки характеристик сигналов ГНСС

В НТЦ «Космонит» разработано многофункциональное программное обеспечение обработки характеристик сигналов ГНСС GPS/ГЛОНАСС. Программное обеспечение (в основном) предназначено для:

- преобразования формата RINEX в бинарный;
- расчета траектории движения НКА;
- выделения отдельных характеристик сигналов по каждому НКА;
- расчета TEC;

- визуализации данных.

Основой программного обеспечения является библиотека GPS Toolkit (<http://www.gpstk.org>), представляющая собой набор классов, базирующихся на стандарте ISO C++ для работы с данными ГНСС GPS/ГЛОНАСС, что позволяет использовать ее на разных платформах. Классы построены по модульному принципу с расширением их возможностей за счет широкого применения концепций объектно-ориентированного программирования.

Набор классов GPSTk, а также вспомогательных утилит и приложений, обеспечивает широкий спектр готовых решений для задач, связанных с ГНСС, в том числе обработку и использование данных в стандартных форматах, таких как RINEX или SP3 [3].

Учитывая особенность ГНСС ГЛОНАСС, где в отличие от GPS требуется знание частотного поддиапазона каждого НКА [4, 5], использовалась программная библиотека TinyXML (<http://www.grinninglizard.com/tinyxml/index.html>).

Описание используемых частотных поддиапазонов НКА ГЛОНАСС оформлено в виде XML документа, фрагмент которого приведен на Рис. 3.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<document>
  <glonass>
    <prns>
      <count>24</count>
      <prn2>-4</prn2>
      <prn3>5</prn3>
      <prn5>1</prn5>
      <prn6>1</prn6>
      <prn7>5</prn7>
      <prn8>6</prn8>
      <prn9>-2</prn9>
      ...
    </prns>
  </glonass>
</document>
```

Рис. 3. Фрагмент XML документа, описывающего частотные поддиапазоны ГНСС ГЛОНАСС

Применение библиотеки TinyXML позволило преобразовать данные, хранимые в XML файле в объекты C++ и в последующем манипулировать ими в программном коде.

Для визуализации как исходных, так и рассчитанных данных, а также построения графического интерфейса (GUI) была использована кроссплатформенная библиотека Qt [6, 7].

С использованием средств библиотеки Qt визуализируются подспутниковые траектории НКА, измеренные характеристики сигналов ГНСС и рассчитанные значения ТЕС. Пример одновременной визуализации движения GPS №6, 11 и ГЛОНАСС №1 20 августа 2013 с 18-19 часов приведен на Рис. 4. При этом используется цветовая градация: более темный цвет соответствует раннему времени.

Таким образом в статье рассмотрены некоторые особенности разработанного программного обеспечения диагностики состояния

ионосферы по характеристикам сигналов ГНСС GPS/ГЛОНАСС, которые, являются важным информационным ресурсом при диагностики состояния ионосферы.

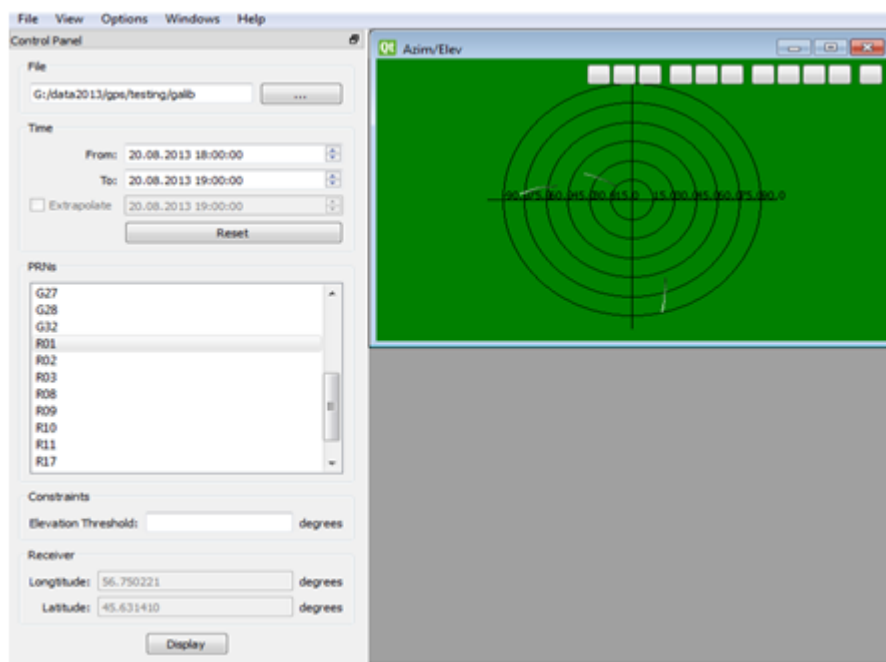


Рис. 4. Пример визуализации движения GPS №6, 11 и ГЛОНАСС №1 20.08.13 с 18-19 часов

Литература

1. Применения GPS/ГЛОНАСС: Учебное пособие / М.Р. Богданов – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. – 136с.
2. Guochang Xu. GPS: Theory, Algorithms and Applications. Springer; 2nd edition, 2007, 340p.
3. Brian Tolman, R. Benjamin Harris, Tom Gaussiran, David Munton, Jon Little, Richard Mach, Scot Nelsen, Brent Renfro, ARL:UT; David Schlossberg, University of California Berkeley. "The GPS Toolkit -- Open Source GPS Software." Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2004). Long Beach, California. September 2004.
4. Интерфейсный контрольный документ GPS. ICD-GPS-200C. (<http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/icd200/icd200cw1234.pdf>).
5. ГЛОНАСС: интерфейсный контрольный документ (редакция 5.1). (http://rniikp.ru/ru/pages/about/publ/ICD_GLONASS_rus.pdf).
6. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: Программирование GUI на C++. — М.: «КУДИЦ-ПРЕСС», 2007. — 648с.
7. Саммерфилд М. Qt. Профессиональное программирование. Разработка кроссплатформенных приложений на C++. — СПб.: «Символ-Плюс», 2011. — 560с.

Толстолицкий В.Ю.¹, Кузенкова Г.В.²

¹ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, профессор кафедры уголовного процесса и криминалистики юридического факультета, tolvlad@yandex.ru

² ННГУ им. Н.И. Лобачевского, доцент Центра прикладной информатики факультета ВМК, kuzenkovagv@mail.ru

Обучение применению электронной криминалистической характеристики убийств в ходе занятий на криминалистическом полигоне

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Электронная криминалистическая характеристика, компьютерная программа «ФОРВЕР», вероятностный портрет преступника, ориентировочная основа криминалистического действия, эффективность обучения.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматриваются проблемы криминалистической трансформации достижений компьютерных наук и юридического статуса криминалистических компьютерных моделей. Вводится понятие электронной криминалистической характеристики преступлений (еКХП). Показан метод выдвижения следственных версий по субъекту преступления на компьютерном полигоне. Обучение раскрытию убийств строится на основе формирования вероятного портрета преступника, полученного с помощью компьютерной программы «ФОРВЕР».

Современные информационные технологии, применяемые и разрабатываемые в криминалистике, заставляют пересматривать подходы к обучению в высших учебных заведениях. Отмечается тенденция, заключающейся в том, что у юристов использование в криминалистическом образовании мультимедийного оборудования становится буквально самоцелью, при этом игнорируются ранее существовавшие и хорошо себя зарекомендовавшие образовательные средства. Особую остроту данный вопрос приобретает в связи с изменением отношения преподавателей кафедр криминалистики к криминалистическому полигону. Возникает подмена работы студентов на полигоне мультимедийными средствами. Разработчики программного обеспечения основные усилия направляют на то, что бы сделать компьютерную интерактивную визуализацию в качестве основы создания тренажеров, аналогичных уже имеющимся автомобильным, авиационным и другим тренажерам [1]. При этом предполагается, что новые методы, востребованные в далеких от криминалистики областях знаний, будут так же успешно применены в обучении раскрытию и расследованию

преступлений. Например, в медицине множество компаний по всему миру производят виртуальные симуляторы, которым посвящены десятки ежегодных конференций, публикуются сотни статей, изготовлено более 5 тысяч систем для виртуального тренинга, работающих в более чем 1000 учебных центрах по всему миру [2]. Виртуализация образования (здесь понимается применение виртуальных сред обучения) вышла из плоскости 2D в плоскость 3D (сейчас можно говорить уже о 4D [5 3]). С точки зрения визуализации информации открываются широчайшие возможности. Виртуальная среда обучения считается эффективным средством обучения отчасти потому, что она обеспечивает некоторую социальную лабораторию, где ролевые игры, моделирование ситуаций, проведение исследования или эксперименты могут быть осуществлены в относительно безопасной (безрисковой) окружающей среде. Для образовательных целей высшие учебные заведения начали применять среду Second Life (компания Linden Lab, Сан-Франциско, США), которая позиционируется как трёхмерный виртуальный мир с элементами социальной сети. Первый опыт университетов в Second Life это обучение иностранным языкам [4]. В Университете округа Колумбия в юридическом образовании использовался виртуальный мир Second Life для имитации расследования на месте преступления [5]. Московский открытый юридический институт перенес в виртуальную среду Second Life весь процесс обучения «с сохранением атмосферы классического учебного процесса» [6]. Однако, как указывается в работе [7], что виртуализацию образования отличает именно информативный характер, что зачастую затрудняет процесс обучения; и это связано с тем, что наш обучаемый, имея навыки работы с компьютером и некоторое представление об информационных технологиях, практически не имеют фундаментальной подготовки в методах организации и распространения информации.

Кроме того, наглядность и интерактивность мультимедийных технологий воспринимаются как свойства, не только **необходимые**, но и **достаточные** для организации обучения. Векторы этой тенденции заметны и в юридическом образовании, для которого компьютерные программы создаются как совершенно самостоятельное образовательное средство, то есть без какой либо связи с обучением на криминалистическом полигоне. Основной аргумент: виртуальное пространство может быть создано в виде любого сценария, чего нельзя добиться с помощью криминалистического полигона. Приведенная формулировка указывается разработчиками компьютерных образовательных систем в качестве основного достоинства с перспективой в ближайшем будущем полного замещения реальности виртуальной средой. Складывается впечатление, что у разработчиков таких программ нет сомнений в том, что экономическая выгода от использования интерактивных тренажеров настолько велика, что полностью покрывает отсутствие педагогической теории, необходимой для ведения любого образовательного процесса.

Опыт педагогической работы в области криминалистического образования показывает, что недостаточно рассматривать криминалистическое образование лишь в плане его сходства с закономерностями обучения в других областях знаний. Особенностью криминалистики как юридической науки является аккумуляция знаний разных предметных областей: права, психология, социология, статистики, физики, химии и т.д. В предмете криминалистики существуют специфические стороны, и их изучение требует разработки особых педагогических средств и методов. Одновременное использование категорий общего и особенного позволяет выделить в общей тенденции по внедрению мультимедийного образования такие черты, которые претерпевают то, что в криминалистике называется «криминалистическая трансформация достижений естественных и технических наук». Для практики следственной деятельности категория «криминалистическая трансформация» позволяет выделить механизм превращения естественнонаучных знаний в знания криминалистические. Полагаем, что ее значение более существенно и это понятие следует применить для рассмотрения специфических закономерностей криминалистического образования. В криминалистике производится поэтапная реконструкция расследуемого события. Минувшее преступление представлено в настоящем лишь своими **следами**, оно должно обрести **наглядность**, чтобы быть доступным для восприятия участниками уголовного судопроизводства. Таким образом, возникает необходимость адекватной визуализации-реконструкции событий. Эта функция компьютерных программ зачастую становится основополагающей, в отличие от, например, тренажерной функции виртуальных сред в обучении вождению воздушных судов или автомобилей, где речь идет о событии, развивающемся в настоящем времени. При этом любая визуализация в уголовно-процессуальном доказывании должна учитывать **вероятностный ретроспективный характер познания**, реализующийся на этапе предварительного следствия по уголовному делу.

Проблема, в виде необходимости осуществления криминалистической трансформации достижений компьютерных наук, стоит перед преподавателями криминалистики, поскольку функция вероятностной реконструкции преступления, ставящаяся криминалистами на первый план, практически не присутствует в описаниях разработчиков компьютерных программ. В качестве примера можно привести программы «3D Свидетель» [8], «Ситуационный конструктор» [9]. Отметим, что авторами указанных в целом оцениваемых нами положительно программных продуктов не рассматривается степень адекватности компьютерной модели события и расследуемого преступления. Другим подходом пользуются разработчики криминалистического пакета FARO [10], в основе которого лежит комбинация лазерного сканера высокого разрешения FOCUS 3D и компьютерных программ. Предложенная авторами

технология трехмерной фиксации мест происшествий и преступлений в реальном режиме времени представляет собой наиболее современной способ объективного запечатления следовой картины.

С нашей точки зрения, одной из основных закономерностей характеризующих процесс криминалистической трансформации достижений технических и компьютерных наук следует признать еще и юридическую оценку создаваемой компьютерной модели. Обратим внимание на то, что состязательность уголовного судопроизводства обуславливает исследование одного и того же доказательства процессуальными противниками с различных точек зрения. В нашем случае в этом качестве выступает, например, визуализированные компьютерной программой показания потерпевшего или свидетеля (компьютерная реконструкция механизма преступления), как стороной защиты, так и стороной обвинения. Таким образом, создаются версии исследуемого судом события.

Состязательность сторон обуславливает возникновение двух ситуаций в судебном рассмотрении дела. В первой ситуации, созданная следователем модель механизма преступления представляет собой не что иное, как версию стороны обвинения, поэтому, с точки зрения защиты, она может отличаться от механизма реального события. В этом случае защита представляет собственную модель развития событий.

Во второй ситуации защита соглашается с объективностью представленной модели, но проводит юридическую оценку представленных событий таким образом, что демонстрируемое доказательство становится опровержением версии обвинения и подтверждением утверждений защиты.

Две отмеченные ситуации обусловлены тем, что в уголовном процессе выделяются две стороны одного и того же преступления: **фактические обстоятельства** и их **юридическая оценка**. В юридических науках доминирующей становится именно правовая характеристика модели. Появление правовой характеристики компьютерной модели составляет с нашей точки зрения суть выше указанной криминалистической (синоним юридической) трансформации достижений компьютерных наук.

Графическая реконструкция фактических обстоятельств и превращение создаваемой компьютерной модели в доказательство не следует рассматривать в качестве единственного механизма криминалистической трансформации достижений компьютерных наук.

В данной работе нами рассматривается опыт обучения применению электронной криминалистической характеристики преступлений (еКХП) в ходе занятий на криминалистическом полигоне¹⁸. Под электронной

18 Криминалистический полигон – тренажерный комплекс, предназначенный для практических занятий и упражнений по обнаружению, изъятию, фиксации и исследованию доказательств в процессе следственных действий.

криминалистической характеристикой нами понимается система криминалистически значимых признаков и их значений, предназначенная для выдвижения следственных версий, и представляющая собой совокупность элементов:

1) классификатора базы данных, содержащего криминалистически значимые признаки;

2) электронной базы данных раскрытых уголовных дел;

3) алгоритмы обработки криминалистической информации, позволяющих составить перечень версий и рассчитать их условные вероятности подтверждения в конкретной следственной ситуации.

Обучение практическому использованию электронной криминалистической характеристики преступлений целесообразно осуществлять на криминалистическом полигоне. В этом случае студент проходит всю цепочку этапов частной криминалистической методики расследования преступлений: от обнаружения и фиксации следов, через выдвижение системы различных по вероятности следственных версий, до доказывания вновь установленными обстоятельствами истинности единственной версии, положенной в основание обвинения. В качестве основных учебных задач рассматриваются следственные ситуации, возникающие при раскрытии и расследовании неочевидных убийств. На занятиях по тактике осмотра места преступления слушатели усваивают несколько видов криминалистической деятельности, сочетая собственно осмотр с элементами натурного эксперимента и одновременным применением компьютерной программы «ФОРВЕР». Производство следственного осмотра организовано таким образом, что компьютерная программа «ФОРВЕР» выступает в качестве ориентировочной основы криминалистического действия по раскрытию убийства, проводимого в рамках следственного осмотра. Программа «ФОРВЕР» предназначена для создания **вероятностного портрета** лица, совершившего убийство. Перечень признаков (классификатор), использованных при создании базы, представляет собой описание преступления (определенного вида и группы). При решении задачи установления неизвестного преступника, совершившего убийство, признаки классификатора следует разделить на две группы: известные следователю и не известные. К известным признакам, например, относятся: место убийства или обнаружения трупа, антропометрические характеристики жертвы (пол, возраст), способ совершения убийства и другие. К неизвестным – характеристики преступника (пол и возраст), удаленность его проживания от места преступления, отношение к жертве по степени родства и знакомства и другие.

При выдвижении версии компьютерная программа позволяет осуществлять полный перебор вариантов, достигающий сотен возможных ответов. Например, выдвигаемая программой версия «убийство совершено мужчиной в возрасте 35-45 лет, знакомым потерпевшему» представляет

собой результат выбора из следующего числа вариантов: $2 (\text{пол}) * 6 (\text{возраст по интервалам в 10 лет}) * 22 (\text{отношение к жертве}) = 264$. Указанная версия содержит три признака (пол, возраст и отношение к жертве) с соответствующим числом значений каждого признака. Следует связать каждый из вариантов с криминалистически значимыми признаками, которые определяют вероятности указанных вариантов версий. Если таких признаков используется, например, 10, то возникает 2 640 сочетаний. Для каждого из этого числа сочетаний следует рассчитать условные вероятности и ранжировать их по мере убывания. Таким образом, обучаемому показывается автоматизация рутинной работы, результатом которой становится вероятностный портрет преступника.

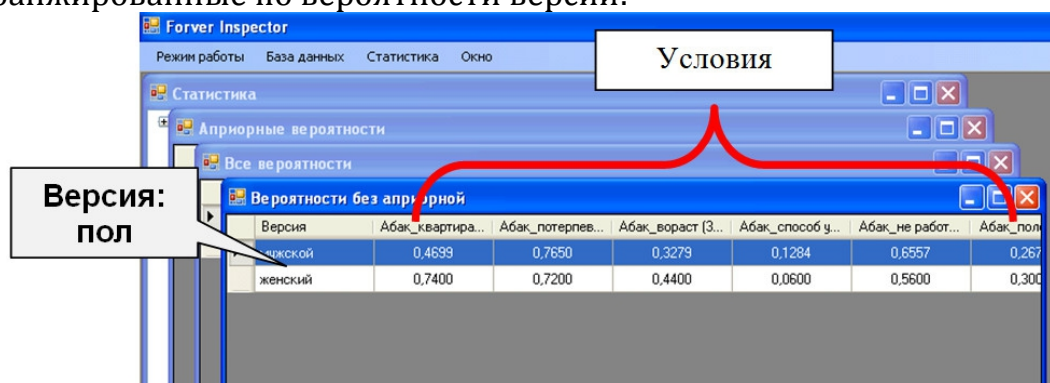
Пример работы в программе:

12. Создаются версии, включающие в себя следующие криминалистически значимые признаки: Версия 1 – по полу преступника, Версия 2 – возрасту преступника, Версия 3 – отношению преступника к потерпевшему. Одновременно могут создаваться версии одновременно по нескольким признакам.

13. Формируются условия для версии. При этом, используются сведения, полученные в ходе осмотра места преступления: место преступления, время убийства, способ убийства, пол и возраст потерпевшего, его судимость и характеристика знавших его лиц и другие.

14. Создается связь между версиями и условиями. Она представлена условными вероятностями появления версий при заданных условиях. В основе использованного нами подхода лежит теорема гипотез (теорема Байеса) (рис. 1).

15. Программа выдает таблицы, в которых строки представляют собой ранжированные по вероятности версии:



Версия	Абак_квартира...	Абак_потерпев...	Абак_возраст (3...	Абак_способ у...	Абак_не работ...	Абак_пол...
мужской	0,4699	0,7650	0,3279	0,1284	0,6557	0,267
женский	0,7400	0,7200	0,4400	0,0600	0,5600	0,300

Рисунок 1. Результат работы программы: таблица, в которой ячейки по столбцам содержат условные вероятности появления признаков, указанных в названии столбца, при заданных в строках версиях. Видно, что факт мужчины совершают убийство в квартире потерпевшего с вероятностью 0,47, тогда как женщины с вероятностью 0,74

Используя теорему гипотез, программа пересчитывает условные вероятности появления известных признаков при данной версии в условные вероятности появления версий при заданных условиях (рис. 2).

Все вероятности									
Версия	Априорная вер...	Абак_квартира...	Абак_потерпев...	Абак_возраст (3...	Абак_способ ч...	Абак_не работ...	Абак_положит...	Абак_не женат	Полная вероя
мужской	0,8798	0,4699	0,7650	0,3279	0,1284	0,6557	0,2678	0,6612	0,8978
женский	0,1202	0,7400	0,7200	0,4400	0,0600	0,5600	0,3000	0,6200	0,1022

Рисунок 2. Результат работы программы: в заданных условиях, преступление с вероятностью 89% совершено мужчиной

16. Программа позволяет изменять набор условий. Пользователи исключают или добавляют столбцы для системы выбранных версий.

17. Далее отрабатываются шаги 2-4 по другой по всем созданным на первом этапе версиям.

18. Сравниваются вероятности версий: версии без учета условий (априорная вероятность) и версии с учетом условий – условные вероятности (рис. 3).

19. Программа позволяет удалить невозможные версии, к которым относятся ситуации, когда, например, у потерпевшего нет брата или сестры, поэтому последние не могут выступать подозреваемыми.

20. В итоге работы с программой непосредственно на полигоне или на месте реального осмотра трупа, пользователь получает вероятностный портрет преступника.

Априорные вероятности		Вероятности без априорной						
Версия	Априорная вер...	Версия	Д_пол и ...	Д_р...	Д...	Д...	Д_Р...	Вероятность б...
▶ мужской; знако...	0,4423	▶ женский; знако...	0,2778	0,0024	0...	0...	0,0556	0,9244
мужской; совер...	0,0841	мужской; сосед...	0,2857	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0151
мужской; сожит...	0,0577	мужской; пасын...	0,2000	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0138
мужской; муж и...	0,0481	мужской; сожит...	0,2500	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0131
женский; знако...	0,0433	мужской; муж и...	0,2000	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0091
мужской; сын и ...	0,0433	мужской; сосед...	0,3333	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0080
женский; сожит...	0,0337	мужской; сын и ...	0,7143	0,0024	0...	0...	0,0024	0,0063
мужской; брат и...	0,0337	мужской; знако...	0,0272	0,0054	0...	0...	0,0024	0,0030
мужской; сын и ...	0,0313							

- Априорная вероятность (1) вероятность без учета условий: версия – мужчина, знакомый – **44 %**.
- **Учет условий** дает версию (2): женщина, знакомая **92%.**

Рисунок 3. Сравнение вероятностей версий

Имеющийся опыт показывает, что правильная версия в 70-80% случаев (зависит от следственной ситуации и репрезентативности выборки по этой ситуации) попадает в первые 3-4 наиболее вероятные версии. Для общего количества версий, достигающего десятков, этот результат оценивается нами как весьма хороший.

Сравнение результатов работы программы и результатов расследования

<u>Вероятностный портрет</u>	<u>Описание реального преступника</u>
1. Мужчина (с вероятностью от 89% до 93%)	1. Мужчина
2. В возрасте 39- 55 лет (76%)	2. 41 год
3. Знакомый (с вероятностью от 65% до 79%)	3. Знакомый по старому месту работы
4. Возможно, судим (59%).	4. ранее судим

Рисунок 4. Вероятностный портрет преступника

Основное назначение программы – ограничить круг лиц, которых в первую очередь следует заподозрить в совершении преступления. Тем самым минимизируются временные и финансовые затраты производства проверок на причастность круга подозреваемых.

Приведем пример сравнения результатов работы программы и описание реального преступника. На рисунке 4 показано совпадение вероятностного портрета по основным параметрам.

Обучаемым с помощью компьютерной программы демонстрируется технология действия следователя по выделению группы лиц, подлежащих первоочередной проверке на причастность, которая выполняется непосредственно в ходе следственного осмотра трупа.

Процесс обучения с применением компьютерной программы «ФОРВЕР» включает в себя элементы следственного осмотра места происшествия, выдвижения следственных версий по субъекту преступления и последующей организации планирования следственно-оперативных мероприятий, с учетом вероятного портрета преступника. Таким образом, применение компьютерной программы «ФОРВЕР» на криминалистическом полигоне обеспечивает системное усвоение криминалистических знаний одновременно по всем разделам криминалистики: криминалистической технике, тактике и методике расследования отдельных видов преступлений.

Литература

1. Лепихин Т.А. Применение компьютерной графики для визуализации процессов. Современные информационные технологии и ИТ-образование // Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции / Под ред. В.А Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 756–763. (1050 с).
2. Петров С.В., Горшков М.Д., Гуслев А.Б., Шмидт Е.В. Первый опыт использования виртуальных тренажеров. – URL: <http://www.medsim.ru/> Обращение 3.03.2013.
3. Кожеватов П.Р., Сигов А.С., Шишкин В.И., Запорожченко С.А. 4D обучающая среда – основа создания тренажеров высокой степени погружения в виртуальную реальность / Тезисы доклада XX Всероссийской научно-методической конференции «Телематика 2013», 24-27 июня 2013 г., Санкт-Петербург. – URL: http://tm.ifmo.ru/tm2013/db/doc/get_thes.php?id=168 Обращение 1.10.13.

4. Сайт AcademSpain. – URL: <http://academspain.ru/2009/second-life/> Обращение 1.10.13.
5. Second Life to vAcamedia: The Future of Virtual Worlds for Distance Learning (сайт Центра образовательных технологий Университета Округа Колумбия). – URL: <http://cat-udc.blogspot.ru/2011/12/second-life-to-vacamedia-future-of.html> Обращение 1.10.13.
6. Официальный сайт Московского открытого юридического института. – URL: <http://www.juracademy.ru/> и <http://www.juracademy.ru/index/0-8> Обращение 1.10.13.
7. Алиева Н.З., Ивушкина Е.Б., Лантратов О.И. Становление информационного общества и философия образования. – М.: Издательство «Академия Естествознания», 2008. [электронный ресурс РАЕН, глава 2; 2.2.] – URL: <http://www.rae.ru/monographs/23-645>.
8. Официальный сайт ООО «Криммедтех». – URL: <http://www.kmtkazan.ru/node/243> Обращение 7.10.13.
9. Виртуальный осмотр места происшествия (Учебно-методический комплекс). – URL: http://www.fsa3d.com/products/sk_umk/ Обращение 7.10.13.
10. Focus3D – универсальный трехмерный сканер для экспертов-криминалистов/ Сайт компании «Центр системных интеграций». – URL: <http://www.sicenter.by/focus3d-universalnyij-dlya-ekspertov-kriminalistov.html> Обращение 1.10.2013.
11. Толстолицкий В.Ю., Кузенкова Г.В. Программное обеспечение в обучении следователей раскрытию убийств. Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование / Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 810-817.
12. Толстолицкий В.Ю. Криминалистическая характеристика – система признаков и набранная по ним электронная база уголовных дел // Межвуз. сб. науч. Тр. «Юридическая наука в Республике Мордовия». – Саранск: ООО «Принт-Издат», 2012. – с. 377-385.

Юмагулов М. Г.¹, Беликова О.Н.², Исанбаева Н.Р.³

¹ Башкирский Государственный Университет, профессор, yum_mg@mail.ru

² Сибайский филиал Башкирского Государственного Университета, старший преподаватель, belikova-oksana@yandex.ru

³ Башкирский Государственный Университет, аспирант, nurgizarifovna@mail.ru

Применение систем компьютерной математики в задачах небесной механики

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Система компьютерной математики, Maple, MatLab, небесная механика, периодические решения.

АНОТАЦИЯ:

В статье рассматривается задача о периодических решениях в окрестностях точек либрации плоской ограниченной эллиптической задачи трех тел. Приведена схема определения бифуркационных значений параметров задачи, предложены асимптотические формулы для периодических решений. Часть полученных результатов получена и обоснована с применением систем компьютерной математики MATLAB и Maple.

Введение

Дифференциальные уравнения задач небесной механики и, в особенности, классической задачи трех тел занимают одно из центральных мест в математике и механике. Несмотря на относительную простоту формулировок и прозрачность основных формул эти уравнения представляют собой чрезвычайно сложный объект исследования, привлекающий повышенное внимание многих поколений ученых - математиков, механиков, физиков и др. Здесь разработан ряд, ставших уже классическими, методов исследования, нашедших многочисленные приложения в математике, небесной механике, астрономии и других науках (см., например, [1-4] и имеющуюся там библиографию).

Неугасающее внимание к исследованию дифференциальных уравнений задач небесной механики связано не только с тем, что они находят свое применение при изучении движения небесных тел. Эти уравнения демонстрируют огромное многообразие качественного поведения решений, от самых простых - стационарных решений (точек либрации) - до сложных хаотических движений. Дифференциальные уравнения задач небесной механики зависят от различных параметров, что может приводить к тем или иным сценариям бифуркационного поведения.

Одной из наиболее актуальных как с теоретической, так и практической точек зрения представляется исследование бифуркаций в окрестностях стационарных решений дифференциальных уравнений

ограниченной задачи трех тел и различных ее модификаций. Здесь разработан ряд эффективных методов исследования, решены многие важные теоретические и практические задачи.

Важное место при изучении бифуркационных явлений в небесной механике занимает компьютерное моделирование. Как правило, чем сложнее бифуркация, тем большее значение принимает необходимость компьютерного моделирования. Более того, при изучении сложных бифуркационных явлений компьютерные вычисления часто выходят на первый план. Аналитические методы исследования задач о бифуркациях, как правило, сталкиваются с трудностями вычислительного характера при анализе конкретных моделей. Поэтому здесь актуальным направлением является разработка численных методов компьютерного моделирования для изучения сложных систем, охватывающих несколько степеней свободы.

В последнее время наметилась тенденция к постоянно растущей популярности использования систем компьютерной математики (MATLAB, Maple, MathCad, Mathematica и др.) для исследования сложных задач теории и практики. Эта популярность вызвана не только мощностью численных расчетов и возможностью символьных вычислений. В технологии проведения научных расчетов указанные системы стали по сути суперкалькуляторами, позволяющими быстро и эффективно проводить анализ сложных проблем, на решение которых еще 10-15 лет назад требовались бы много часов машинного времени и необходимость создавать специальные программные продукты.

Сказанное в полной мере относится и к задаче трех тел. В настоящей работе предлагается общая схема качественного и приближенного исследования задач о локальных бифуркациях в окрестностях стационарных решений дифференциальных уравнений задач небесной механики с использованием систем компьютерной математики MATLAB и Maple. На их основе получены признаки возникновения периодических и субгармонических колебаний, получены и обоснованы асимптотические формулы для возникающих решений.

Постановка задачи

Рассматривается плоская ограниченная эллиптическая задача трех тел, уравнения движения которой в координатах Нехвила имеют вид (см., например, [1-3]):

$$\begin{cases} x'' - 2y' = \rho \left(x - \mu + \frac{\mu - 1}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} x - \frac{\mu}{(\alpha - 1)^2 + y^2} (\alpha - 1) \right), \\ y'' + 2x' = \rho \left(y + \frac{\mu - 1}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} y - \frac{\mu}{(\alpha - 1)^2 + y^2} y \right); \end{cases} \quad (1)$$

где

$$\rho = \frac{1}{1 + \varepsilon \cos t}, \quad \mu = \frac{m_1}{m_0 + m_1},$$

$0 < \mu < 1, \varepsilon$ – эксцентриситет кеплеровской орбиты, t – истинная

аномалия, m_0, m_1 – массы активно гравитирующих тел.

Система (1) имеет пять постоянных решений – точек либрации: три из них лежат на одной прямой (прямолинейные точки либрации), а две остальные образуют с телами равносторонние треугольники (треугольные точки либрации). Динамические свойства точек либрации важны как в теоретическом, так и в практическом плане [1-3]. Здесь особо интересен вопрос существования в окрестностях точек либрации ограниченных и периодических решений. Так как в уравнение (1) входит функция $\cos t$, то естественным является вопрос о существовании у него периодических решений периода $2\pi q$ при некоторых натуральных q .

В настоящей статье уравнение (1) изучается в окрестности треугольной точки либрации $L_4\left(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$. При определенных значениях $\mu = \mu_q^*$ и $\varepsilon = \varepsilon_q^*$ треугольные точки либрации являются [5] негиперболическими состояниями равновесия системы (1). Вследствие этого система (1) в окрестности треугольных точек либрации при значениях параметров μ и ε , близких к $\mu = \mu_q^*$ и $\varepsilon = \varepsilon_q^*$ соответственно, может иметь нестационарные $2\pi q$ -периодические решения. Здесь возникает вопрос о том, при каких именно значениях параметров μ и ε возникают указанные решения.

Основным является следующее определение. Пусть $\varepsilon_0 \geq 0$ и $0 \leq \mu_0 \leq 1$. Пару (ε_0, μ_0) назовем точкой бифуркации – периодических решений уравнения (1) в окрестности точки либрации L_4 , если каждому $\delta > 0$ отвечают значения $\varepsilon \in (\varepsilon_0 - \delta, \varepsilon_0 + \delta)$ и $\mu \in (\mu_0 - \delta, \mu_0 + \delta)$, при которых уравнение (1) имеет нестационарное $2\pi q$ -периодическое решение $x = x_\delta(t)$, $y = y_\delta(t)$, стягивающееся к точке L_4 при $\delta \rightarrow 0$.

На первом этапе предлагается в (1) произвести замену $x_1 = x$, $x_2 = y$, $x_3 = x'$, $x_4 = y'$: Тогда система (1) примет вид:

$$x' = F(x, \mu, \varepsilon, t), x \in R^4 \quad (2)$$

где

$$F(x, \mu, \varepsilon, t) = \begin{bmatrix} 2x_4 + \rho \left(x_1 - \mu + \frac{\mu - 1}{(x_1^2 + x_2^2)^{\frac{3}{2}}} x_1 - \frac{\mu}{\sqrt{((x_1 - 1)^2 + x_2^2)^{\frac{3}{2}}}} (x_1 - 1) \right) \\ -2x_3 + \rho \left(x_2 + \frac{\mu - 1}{(x_1^2 + x_2^2)^{\frac{3}{2}}} x_2 - \frac{\mu}{((x_1 - 1)^2 + x_2^2)^{\frac{3}{2}}} x_2 \right) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Точке либрации системы (1) соответствует точка равновесия $x^* = L_4\left(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}, 0, 0\right)$ системы (2).

Матрица Якоби вектор-функции (3) вычисленная в точке, определяется равенством

$$A(\varepsilon, \mu, t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{3}{4\rho} & \frac{3\sqrt{3}}{4(1-2\mu)\rho} & 0 & 2 \\ \frac{3\sqrt{3}}{4(1-2\mu)\rho} & \frac{9}{4\rho} & -2 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Рассмотрим линейную систему

$$x' = A(\varepsilon, \mu, t)x, x \in R^4, \quad (5)$$

Из общей теории о локальных бифуркациях (см., например, [5]) известно, что бифуркации системы (2) в окрестности точки x^* возможны только при тех μ^* и ε^* , при которых точка равновесия системы (2) является негиперболической, т.е. линейная система (5) имеет по крайней мере один мультипликатор, равный по модулю 1. Таким образом, для анализа бифуркаций системы (2) необходимо уметь вычислять мультипликаторы системы (5) и затем проводить дальнейшие исследования. Укажем некоторые результаты, полученные в этом направлении и являющиеся развитием результатов, полученных в [6, 7].

Основные результаты

Пусть сначала $\varepsilon=0$. В этом случае система (5) является автономной системой и построение мультипликаторов особой проблемы не составляет. А именно, матрица (4) при $\varepsilon=0$ от t не зависит. Характеристическое уравнение матрицы $A(\mu) = A(0, \mu, t)$ имеет вид:

$$\lambda^4 + \lambda^2 + \frac{27}{4}\mu(1-\mu) = 0.$$

Пусть выполнено условие

$$0 < 27\mu(1-\mu) < 1 \quad (6)$$

Тогда все четыре корня уравнения (6) и, соответственно, собственные значения матрицы будут чисто мнимыми: $\lambda_{1,2} = \pm i\omega_1, \lambda_{3,4} = \pm i\omega_2$, где

$$\omega_{1,2} = \sqrt{\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{1 - 27\mu(1-\mu)}}.$$

Необходимым условием бифуркации $2\pi q$ -периодических решений уравнения (2) является [6] требование, чтобы либо ω_1 , либо ω_2 было числом вида $\frac{1}{q}$. Эти числа при ограничении (6) не могут быть равны 1 и в то же время могут быть любыми из чисел вида $\frac{1}{q}$ при $q \geq 2$. Поэтому задача о бифуркации $2\pi q$ -периодических решений уравнения (2) может иметь решение лишь при $q \geq 2$.

Рассмотрим для определенности задачу о бифуркации 4π -периодических решений, то есть пусть $q=2$. В этом случае бифуркационным значением параметра μ является число $\mu_0 = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{3}$.

Теорема 1. Значение $(0, \mu_0)$ является точкой бифуркации 4π -периодических решений уравнения (2) в окрестности точки либрации L_4 .

Из теоремы 1 следует, что уравнение (2) имеет семейство нестационарных 4π -периодических решений $x=x(\varepsilon, \mu, t)$, определенных при μ , близких к $\mu_0 = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{2}}{3}$, малых $\varepsilon > 0$ и стягивающихся к точке либрации L_4 при $\mu \rightarrow \mu_0$ и $\varepsilon \rightarrow 0$. В этой теореме не говорится о том, при каких именно значениях параметров ε и μ уравнение (2) имеет решения $z(\varepsilon, \mu, t)$ и каковы асимптотические (по параметрам ε и μ) свойства этих решений.

Для изучения этих вопросов предлагается ввести вспомогательный малый параметр $\delta > 0$ так, что бифурцирующие решения $x(\varepsilon, \mu, t)$ и соответствующие значения ε и μ представимы в параметрической форме:

$$\begin{aligned} x(t) &= x_0 + x_1(t)\delta + x_2(t)\delta^2 + \dots, & \mu &= \mu_0 + \mu_1\delta + \mu_2\delta^2 + \dots, \\ \varepsilon &= \varepsilon_1\delta + \varepsilon_2\delta^2 + \dots. \end{aligned}$$

Для определения коэффициентов $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \mu_1, \mu_2, \dots$ разработана программа в системе MATLAB. Приведем некоторые, полученные по этой программе численные результаты: $\varepsilon_1=0, \varepsilon_2=3,9241, \mu_1=0, \mu_2=0,0626$, при этом значения $\varepsilon_1=0$ и $\mu_1=0$ являются точными. Эти результаты показывают, что бифурцирующие - периодические решения уравнения (2) возникают при $\varepsilon=0$ и $\mu > \mu_0$.

Применительно к исходной системе (1) вычисления показывают, что для всех малых $\delta > 0$ при $\varepsilon = 3,9241\delta^2 + o(\delta^2)$ и $\mu = \mu_0 + 0,0626\delta^2 + o(\delta^2)$ система (1) имеет нестационарные 4π -периодические решения $x=x_\delta(t)$ и $y=y_\delta(t)$ такие, что:

$x_\delta(0) = \frac{1}{2} - 0,8754\delta + o(\delta),$	$y_\delta(0) = \frac{\sqrt{3}}{2} + 0,1834\delta + o(\delta).$
$\dot{x}_\delta(0) = -0,3068\delta + o(\delta),$	$\dot{y}_\delta(0) = 0,3254\delta + o(\delta).$

При $\varepsilon > 0$ система (5) является неавтономной системой с периодическими коэффициентами. В этом случае задача существенно усложняется, так как построение ее мультипликаторов в аналитическом виде не представляется возможным. Разработаны алгоритмы и программы в системах MATLAB и Maple, позволяющие решить задачу построения мультипликаторов. Эти алгоритмы базируются на численных результатах построения областей устойчивости треугольных точек либрации в плоской ограниченной эллиптической задаче трех тел [1] и идеях метода малого параметра [8]. Дальнейшее исследование проводится по той же схеме, что в случае $\varepsilon=0$.

Литература

1. Маркеев А.П. Точки либраций в небесной механике и космодинамике. - М.: Наука, 1978.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Аналитические и качественные методы. - М.: Наука, 1978.
3. Маршал К. Задача трех тел. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
4. Симо К., Смейл С., Шенсине А. и др. Современные проблемы хаоса и нелинейности. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.
5. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации

векторных полей. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.

6. Вышинский А.А., Ибрагимова Л.С., Муртазина С.А., Юмагулов М.Г. Операторный метод приближенного исследования правильной бифуркации в многопараметрических динамических системах // Уфимский математический журнал, 2010. Т.2. № 4. С. 3-26.
7. Юмагулов М.Г., Беликова О.Н. Бифуркация -периодических решений плоской ограниченной эллиптической задачи трех тел. // Астрономический журнал, 2009. Т. 86, № 2. С. 170-174.
8. Розо М. Нелинейные колебания и теория устойчивости. - М.: Наука, 1975.

Митюков В.В.

Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации (институт),
программист ОБТИ, v.mityukov@gmail.com

Универсальное моделирование дискретно заданных множеств непрерывными зависимостями

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Метод гладкого приближения, обобщение, дискретное множество,
числовой ряд.*

АНОТАЦИЯ:

Рассматривается задача обобщения существующих методов гладкого приближения дискретных данных. Предложен универсальный алгоритм для одномерных дискретных числовых рядов, реализующий дополнительно операции их дифференцирования и интегрирования.

Используемая в задачах математического моделирования информация, часто представляется в виде одномерных числовых рядов, измеренных с некоторым шагом дискретизации. При этом, помимо задачи их гладкого приближения, нередко возникает необходимость вычисления производных и/или интегралов от таких таблично или графически заданных зависимостей. Поскольку информация в компьютерных системах представляется также в дискретной форме, то такие задачи приобретают особое значение.

Традиционные методы реализуют лишь некоторые частные случаи [1] из возможных вариантов таких вычислений. В компьютерных вычислениях, затраты времени на подбор и программирование подходящих традиционных вариантов становятся обременительными, поэтому желательно развивать также альтернативные, по возможности наиболее универсальные алгоритмы.

Уравнения

Представляемый алгоритм гладкого приближения заданных точек $\{x_i, y_i\}$ основывается на *линейной* модели, составленной из аналитически вычисляемых фрагментов – *базисных функций* (например, из членов степенного ряда или из членов ряда Чебышева, Фурье):

$$y(x) = C_0 \cdot \varphi_0(x) + C_1 \cdot \varphi_1(x) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(x) \quad (1)$$

где C_j – искомые коэффициенты ($j = 0, 1, \dots, n$);

$\varphi_j(x)$ – базисные функции (аналитические и линейно-независимые).

Результаты операций дифференцирования и интегрирования линейной модели (1), остаются линейными относительно коэффициентов C_j , в виде:

$$y'(x) = C_0 \cdot \varphi'_0(x) + C_1 \cdot \varphi'_1(x) + \dots + C_n \cdot \varphi'_n(x) \quad (2)$$

$$Y(x_{-1}, x) = C_0 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_0(x) \cdot dx + C_1 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_1(x) \cdot dx + \dots + C_n \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_n(x) \cdot dx \quad (3)$$

здесь $[x_{-1}, x]$ – интервал интегрирования.

Следует напомнить, что в вычислительной практике неизвестные коэффициенты C_j в основном определяются из условий интерполяции или из условий аппроксимации [1], [2].

Условия *интерполяции*, то есть условия точного выполнения равенств $y(x_i) = y_i$ в точках x_i , ($i = 0, 1, \dots, m$), приводят к системе линейных уравнений с матрицей *плана* $\mathbf{P}$ размера $m+1 \times n+1$ (поскольку выше принято, что i и j меняются начиная с 0).

$$\begin{pmatrix} \varphi_0(x_0) & \varphi_1(x_0) & \dots & \varphi_n(x_0) \\ \varphi_0(x_1) & \varphi_1(x_1) & \dots & \varphi_n(x_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_0(x_m) & \varphi_1(x_m) & \dots & \varphi_n(x_m) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \dots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \dots \\ y_m \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \mathbf{P} \mathbf{c} = \mathbf{y} \quad (4)$$

Если имеются измеренные значения наклонов касательных y'_i и/или значения интегральных площадей Y_i на некоторых подынтервалах (например $[x_k, x_i]$), то нет препятствий для пополнения системы уравнений (4), строками (равенствами) $y'(x_i) = y'_i$ и $Y(x_k, x_i) = Y_i$, соответствующими (2), (3) [3]. Тогда линейную систему (4) с такими добавленными строками, следует записать в другом, более общем виде:

$$\begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & \dots & p_{0n} \\ p_{10} & p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{m0} & p_{m1} & \dots & p_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \dots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} z_0 \\ z_1 \\ \dots \\ z_m \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \mathbf{P} \mathbf{c} = \mathbf{z} \quad (5)$$

Здесь p_{ij} представляют собой значения базисных функций $\varphi_j(x_i)$, (или производных $\varphi'_j(x_i)$, или интегралов $\int_{x_k}^{x_i} \varphi_j(x) \cdot dx$ в добавленных строках).

Через z_i обозначены значения y_i (а также y'_i , или Y_i).

Размерность m системы (5), разумеется, будет превышать число точек x_i на число дополнительных строк.

Для единственности решения системы (4) или (5) необходимо чтобы число элементов в строке задавалось равным числу строк, то есть $n = m$, (матрица $\mathbf{P}$ должна быть квадратной).

При *аппроксимации* минимизируется сумма квадратов отклонений $y(x_i)$ от y_i на заданной системе точек x_i , ($i = 0, 2, \dots, m$) (метод наименьших квадратов [1]). Такой критерий позволяет использовать аналитический подход:

Для получения квадрата длины вектора невязки системы (5)

$\Delta \mathbf{z} = \mathbf{P} \cdot \mathbf{c} - \mathbf{z}$ его нужно умножить скалярно самого на себя:

$$\|\Delta \mathbf{z}\|^2 = \Delta \mathbf{z}^T \cdot \Delta \mathbf{z} = (\mathbf{Pc} - \mathbf{z})^T \cdot (\mathbf{Pc} - \mathbf{z})$$

Учитывая, что транспонирование сумм и произведений матриц $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$ подчиняется следующим законам:

$$(\mathbf{A} + \mathbf{B})^T = \mathbf{A}^T + \mathbf{B}^T \quad \text{и} \quad (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})^T = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{A}^T$$

можно продолжить более подробно:

$$(\mathbf{Pc} - \mathbf{z})^T \cdot (\mathbf{Pc} - \mathbf{z}) = \mathbf{c}^T \mathbf{P}^T \mathbf{P} \mathbf{c} - \mathbf{c}^T \mathbf{P}^T \mathbf{z} - \mathbf{z}^T \mathbf{P} \mathbf{c} + \mathbf{z}^T \mathbf{z}$$

Необходимым условием минимума скалярной функции $\|\Delta \mathbf{z}\|^2$ является равенство нулю всех ее частных производных по векторному аргументу $\mathbf{c}$:

$$\frac{\partial \|\Delta \mathbf{z}\|^2}{\partial \mathbf{c}} = \mathbf{0} \quad \text{или} \quad \mathbf{P}^T \mathbf{P} \mathbf{c} + \mathbf{c}^T \mathbf{P}^T \mathbf{P} - \mathbf{P}^T \mathbf{z} - \mathbf{z}^T \mathbf{P} = \mathbf{0}.$$

Слагаемые в последнем равенстве являются вектор-столбцами и вектор-строками. Отсюда вытекает, что их следует по отдельности приравнять к вектор-столбцу и к вектор-строке с нулевыми компонентами. Транспонируя затем обе части равенства с вектор-строками в вектор-столбцы, нетрудно получить следующее соотношение:

$$2 \cdot \mathbf{P}^T \mathbf{P} \mathbf{c} - 2 \cdot \mathbf{P}^T \mathbf{z} = \mathbf{0} \quad \text{или} \quad \mathbf{P}^T \mathbf{P} \mathbf{c} = \mathbf{P}^T \mathbf{z}$$

Это приводит к системе линейных *нормальных* уравнений с квадратной матрицей размера $n+1 \times n+1$, принимающей следующий развернутый вид:

$$\begin{pmatrix} p_{00} & p_{10} & \cdots & p_{m0} \\ p_{01} & p_{11} & \cdots & p_{m1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{0n} & p_{1n} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} p_{00} & p_{01} & \cdots & p_{0n} \\ p_{10} & p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{m0} & p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \cdots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{00} & p_{10} & \cdots & p_{m0} \\ p_{01} & p_{11} & \cdots & p_{m1} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{0n} & p_{1n} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_0 \\ z_1 \\ \cdots \\ z_m \end{pmatrix} \quad (6)$$

или в матрично-векторной записи $\mathbf{Nc} = \mathbf{b}$

Следует заметить, что для единственности решения системы (6), матрица плана $\mathbf{P}$ не обязательно должна быть квадратной – допустимо когда $n < m$.

Алгоритм

В задачах аппроксимации прямого решения систем линейных уравнений (5) и (6) стараются избегать из-за того, что они часто получаются плохо обусловленными [1], [2]. Поэтому существуют другие способы, основанные на специально сконструированных базисных функциях [1]. Например, при интерполировании полиномами, путем разбивки и перегруппировки членов степенного ряда можно получить такие базисные функции как полиномы Лагранжа, в которых коэффициенты C_i принимают значения равные заданным значениям y_i . Другими способами интерполяции являются полиномы Ньютона, итерационный процесс Эйткена и т.д.

В данном случае, для достижения универсальности используется

другой способ получения результата (произвольного значения $y(x)$, производной $y'(x)$, интеграла $Y(x_{-1}, x)$), далее обозначаемого через f . Как показано в [3], сначала полученную систему уравнений (5) или (6) требуется расширить до однородного вида. Затем применяется единый подход к вычислению результатов, вытекающий из условия существования нетривиального решения однородной системы с матрицей $\mathbf{H}$, то есть из условия $\det(\mathbf{H}) = 0$. Однородная система получается из системы (5) или (6) с квадратной матрицей $\mathbf{P}$ или $\mathbf{N}$, переносом из ее правой в левую часть столбца $\mathbf{z}$ или $\mathbf{b}$ и добавлением к ней нижней строки, соответствующей (1), (2) или (3), общий вид которой :

$$C_0 \cdot p_0(x) + C_1 \cdot p_1(x) + \dots + C_n \cdot p_n(x) - f = 0$$

Таким образом:

$$\left(\begin{array}{c|c} \mathbf{P/N} & \begin{array}{c} -z_0/-b_0 \\ -z_1/-b_1 \\ \dots \\ -z_n/-b_n \end{array} \\ \hline p_0(x) \ p_1(x) \dots p_n(x) & -f \end{array} \right) \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \dots \\ C_n \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \mathbf{Hc} = \mathbf{0}$$

или $\mathbf{Hc} = \mathbf{0} \quad (7)$

Линейные преобразования Гаусса приведут квадратную матрицу $\mathbf{H}$ размера $n+2 \times n+2$ к верхнему треугольному виду и $\det(\mathbf{H})$ будет равен произведению ее диагональных элементов. Если в преобразованиях Гаусса не подвергать перестановкам нижнюю строку, то условие разрешимости однородной системы (7), примет вид:

$$\det(\mathbf{H}) = \det(\mathbf{P}) \cdot (-f + h_z) = 0 \quad \text{или} \quad \det(\mathbf{H}) = \det(\mathbf{N}) \cdot (-f + h_b) = 0$$

где h_z или h_b – линейная комбинация значений $-z_i$ или $-b_i$, добавленная в нижний правый элемент матрицы $\mathbf{H}$ после преобразований Гаусса.

Поскольку заведомо $\det(\mathbf{P}) \neq 0$ (или $\det(\mathbf{N}) \neq 0$), что необходимо для существования единственного решения системы (5) или (6), то должны выполняться соотношения $(-f + h_z) = 0$ или $(-f + h_b) = 0$, означающие, что $f = h_z$ или $f = h_b$.

Таким образом, алгоритм вычисления f состоит в обнулении правого нижнего элемента матрицы $\mathbf{H}$ и последующего прямого хода алгоритма Гаусса без перестановок нижней строки. Накопленная в правом нижнем элементе матрицы $\mathbf{H}$ линейная комбинация значений $-z_i$ или $-b_i$, определит искомое значение результата f .

Все разнообразие возможных вариантов алгоритма будет определяться только возможностями аналитического вычисления наборов базисных функций и результатов дифференциально-интегральных операций на них.

Можно показать, что подобным универсальным путем можно вычислять не только произвольные единичные скалярные значения f (в точках x). Если правый столбец матрицы $\mathbf{H}$ представить в развернутом

виде [4],

$$\begin{pmatrix} -z_0 \\ -z_1 \\ \dots \\ -z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} z_0 \\ z_1 \\ \dots \\ z_n \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \begin{pmatrix} -b_0 \\ -b_1 \\ \dots \\ -b_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}$$

то после преобразований Гаусса, результат будет представлен в виде линейной комбинации исходных значений z_i или b_i :

$$w_0(x) \cdot z_0 + w_1(x) \cdot z_1 + \dots + w_n(x) \cdot z_n \quad \text{или} \quad w_0(x) \cdot b_0 + w_1(x) \cdot b_1 + \dots + w_n(x) \cdot b_n$$

В частности, таким путем можно генерировать различные квадратурные формулы (их веса и узлы), как традиционные (Ньютона-Котеса, Гаусса) [4], так и совершенно новые, для произвольного расположения узлов и выбора базисных функций.

Если же в развернутом виде представить нижнюю строку матрицы **H**,

$$(p_0(x) \ p_1(x) \ \dots \ p_n(x)) = (p_0(x) \ p_1(x) \ \dots \ p_n(x)) \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

то после преобразований Гаусса, результат будет представлен в виде линейной комбинации базисных функций ($\varphi_j(x)$, или $\varphi'_j(x)$, или же

$$\int_{x_{-1}}^x \varphi_j(x) \cdot dx), \text{ т.е.: } C_0 \cdot p_0(x) + C_1 \cdot p_1(x) + \dots + C_n \cdot p_n(x).$$

Наиболее же общий, развернутый вид результата будет выглядеть следующим образом:

$$(p_0(x) \ p_1(x) \ \dots \ p_n(x)) \cdot \begin{pmatrix} d_{00} & d_{01} & \dots & d_{0n} \\ d_{10} & d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{n0} & d_{n1} & \dots & d_{nn} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} -z_0/-b_0 \\ -z_1/-b_1 \\ \dots \\ -z_n/-b_n \end{pmatrix}$$

Эскизное опробование изложенного алгоритма проводилось в офисной программе "MS Excel". Вводился набор дискретных данных, выбиралась система базисных функций, назначался метод приближения, задавались нужные значения констант m и n . Построение расширенной матрицы **H**, ее обработка и вычисление требуемых результатов производились программно. Необходимые для этого макросы и подпрограммы реализованы на встроенном языке программирования VBA. Для полученных результатов предусмотрен вывод в таблицы и отображение на графиках.

Выводы

Представленный программный продукт может применяться для автоматизации исследований, связанных с обработкой дискретных данных, без ограничений на расположение узлов, на выбор базисных функций и на способ приближения (интерполяция или метод наименьших квадратов).

Областью применения данного алгоритма также могут служить задачи разработки или усовершенствования методов построения приближенных решений уравнений (функциональных, дифференциальных, интегральных).

Можно продолжить распространять данный подход на двумерные и многомерные зависимости, с целью вычисления их приближенных значений, или градиента от скалярной зависимости (если зависимая переменная одна), или же матрицы Якоби от векторной зависимости (если зависимых переменных больше одной), а также значения многомерного интеграла по некоторой подобласти многомерного пространства.

Реализация этих многочисленных вариантов потребует в основном разработки только алгоритмов вычисления различных базисных функций соответствующей размерности, а также частных производных различных порядков от них или интегралов различной размерности и кратности от них, по некоторой заданной подобласти.

Литература

1. *Каханер Д., Моулер К., Нэш С.* Численные методы и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 575 с.
2. *Райс Дж.* Матричные вычисления и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
3. *Митюков В. В.* Обобщенный алгоритм и дискретная унифицированная структура для вычислительных задач. «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2009. – с. 675–681
4. *Митюков В.В.* Задача унификации квадратурных формул численного интегрирования. «Современные информационные технологии и ИТ-образование». [Электронный ресурс] / Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции / Под ред. В.А. Сухомлина. – Москва: МГУ, 2011. – Т. 1. – с. 546–551

Лавренюк Ю.А.¹, Баженова Т.В.²

¹ Институт проблем информатики РАН

² Институт высоких температур РАН, Москва

К расчету термодинамических и газодинамических параметров воздуха за ударной волной

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Ударная волна, параметры воздуха, движение ракет в атмосфере, расчет температуры и давления.

АННОТАЦИЯ:

В докладе приведены данные о первых расчетах на ЭВМ параметров воздуха при движении межконтинентальных баллистических ракет в атмосфере. Расчеты были впервые выполнены в 1953 году с учетом термодинамики параметров потока воздуха за ударной волной (УВ) перед головной частью ракеты при температурах 200-20000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Пользуясь таблицами, можно по заданным значениям начального давления и скорости УВ определить параметры воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке. Результаты расчетов температуры и давления позволили определить необходимое количество теплозащитного материала. Расчет для идеального газа по баллистической траектории давал значения температуры 15 000 К независимо от высоты. Расчет с учетом термодинамики воздуха показал, что при спуске по баллистической траектории с изменением высоты от 80 до 15 км температура за скачком изменяется с увеличением атмосферного давления от 5400 К до 8000 К.

Необходимость расчетов термодинамических и газодинамических параметров воздуха при высоких температурах возникла в первые годы «холодной войны, когда нашей стране было нужно иметь не только атомную бомбу, но и средства ее доставки через океан. При конструировании межконтинентальной баллистической ракеты возникла проблема теплозащиты. При гиперзвуковом обтекании ракеты перед ней возникает отошедшая ударная волна, параметры воздуха за которой на фронте вблизи передней критической точки практически совпадают с параметрами за прямым скачком уплотнения (рис. 1).

Для определения температуры газа перед телом, движущейся с заданной скоростью, нужно использовать зависимость теплоемкости газа от температуры. В идеальном газе теплоемкость не зависит от температуры. Эта зависимость дается простым соотношением, и система

уравнений сохранения вместе с зависимостью энтальпии от температуры имеет аналитическое решение, связывающее параметры газа за скачком и перед скачком.

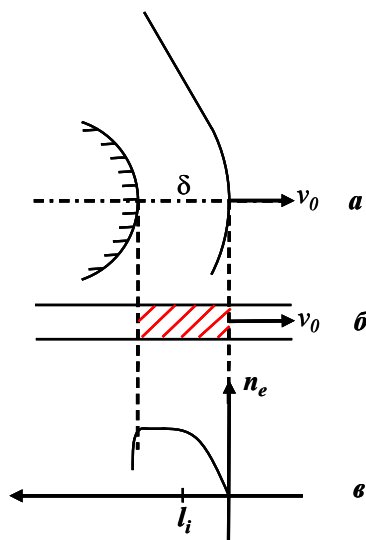


Рис.1. (а) - головная ударная волна перед телом, входящим в атмосферу со скоростью v_0 . δ – расстояние отхода

(б) - область горячего газа в передней критической точке за прямым скачком уплотнения, для которой проводились расчеты

(в) – Концентрация свободных электронов n_e в плазменной оболочке

Оценки параметров воздуха за скачком по идеальной теории показали, что при скорости движения порядка 7 км/с температура в передней критической точке может достигать 20000 К (!). Это требовало такого количества теплозащитного материала, что ракета не могла бы подняться. Тогда ракетчики обратились к физикам с просьбой определить температуру за скачком в реальном газе. При высоких температурах при увеличении поступательной температуры часть энергии расходуется на возбуждение внутренних степеней свободы молекул (вращения, колебания, диссоциация, ионизация). Зависимость энтальпии газа от температуры вычисляется методами статистической физики и квантовой механики на основе экспериментальных данных об оптических константах молекул, характеризующих собственные частоты колебаний и вращений молекул. Расчет термодинамических параметров диссоциированного и ионизированного газа при высоких температурах требует численного решения системы алгебраических уравнений, связывающих состав газа с температурой и давлением по закону действующих масс через константу равновесия.

Соотношения между параметрами газа перед фронтом ударной волны и за ним одномерной постановке имеют вид:

$$\begin{aligned}\rho_1 u_1 &= \rho_2 u_2 \\ P_1 + \rho_1 u_1^2 &= P_2 + \rho_2 u_2^2 \\ u_1^2/2 + h_1 &= u_2^2/2 + h_2\end{aligned}$$

Здесь индексы 1 и 2 соответствуют начальному и конечному состоянию среды, P , ρ , u , h - давление, плотность, скорость и энтальпия соответственно.

Условия (1) приводят к следующему соотношению между термодинамическими параметрами среды по обе стороны разрыва:

$$h_1 - h_2 = \frac{1}{2}(P_2 - P_1)(\rho_1^{-1} + \rho_2^{-1}), \quad h = f(P, \rho),$$

носящему название ударной адиабаты,

Из уравнений (1) следует также, что возрастание плотности в ударной волне при бесконечно большом увеличении отношения давлений остается ограниченной величиной, в отличие от увеличения плотности при изэнтропическом сжатии.

В идеальном газе теплоемкость не зависит от температуры. Зависимость $h(P, \rho)$ дается простым соотношением, и система уравнений сохранения вместе с зависимостью энтальпии от температуры имеет аналитическое решение, связывающее параметры газа за скачком и перед скачком.

В газе при высоких температурах зависимость энтальпии от температуры является сложной, т. к. при увеличении поступательной температуры часть энергии расходуется на возбуждение внутренних степеней свободы молекул (колебания, диссоциация, ионизация). Зависимость энтальпии газа от температуры вычисляется методами статистической физики и квантовой механики на основе экспериментальных данных об оптических константах молекул, характеризующих собственные частоты колебаний и вращений молекул.

Расчет термодинамических параметров реального газа при высоких температурах требует численного решения системы алгебраических уравнений, связывающих состав газа с температурой и давлением по закону действующих масс через константу равновесия. Сначала были вычислены термодинамические функции компонент воздуха и значения констант равновесия, необходимые для расчета концентрации диссоциированных и ионизированных молекул в зависимости от температуры. Для этого проводились вычисления статистических сумм для внутренних степеней свободы частиц на основе спектроскопических данных. Затем вычислялись состав и термодинамические функции воздуха при различных температурах и давлениях. Методом Ньютона-Рафсона решалась система нелинейных алгебраических уравнений для молярных долей компонент воздуха при каждой температуре и каждом давлении. Для вычисления теплоемкостей решались две системы линейных уравнений для определения производной от числа молей при постоянном давлении и производных от числа молей при постоянном объеме. По данным решения трех систем и расчетам термодинамических функций компонент вычислялись термодинамические функции воздуха.

Для определения газодинамических и термодинамических величин

потока воздуха за прямым скачком уплотнения перед телом, входящим в атмосферу Земли численным методом решалась система уравнений (1) – (3), дополненная уравнениями состояния с учетом термодинамики реального воздуха

Сначала расчеты проводились на 1 Московской фабрике механизированного счета вручную на «Мерседесах», но вскоре выяснилось, что необходимый объем работы может быть выполнен в срок только при помощи цифровой ЭВМ. В те годы, когда в СССР создавались первые в мире межконтинентальные ракеты, в стране действовала только одна БЭСМ-1, которая вплотную была занята ядерщиками. Необходимые расчеты удалось произвести на создаваемой в лаборатории И.С. Брука в Энергетическом институте Ан СССР ЭВМ М-2. Машина эта разрабатывалась в строгом секрете и ученые соседней лаборатории А.С. Предводителя, проводившие расчеты, узнали о ее существовании благодаря счастливой случайности. Молодые сотрудники Брука использованную бумажную распечатку отладочных расчетов на ЭВМ в качестве оберточной бумаги, и секрет их деятельности был раскрыт. Тогда парторги двух лабораторий обратились к руководству, и было принято решение провести расчеты на ЭВМ М-2. Правительственное задание было выполнено в срок. Результаты расчетов параметров воздуха за ударной волной немедленно передавались конструкторам из ОКБ С.П. Королева, которые определяли необходимое количество теплозащитного материала.

С учетом термодинамики воздуха проведены численные расчеты параметров потока воздуха за прямым скачком уплотнения при температурах 200-6000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Таблицы составлены для трех значений начальной температуры: 200, 300, 400 К, т. к. температура атмосферы Земли меняется с высотой. Термодинамические параметры воздуха приведены в таблицах для температур за скачком, меняющимся через каждые 100 К. Такой детальный расчет был необходим в связи с тем, что теплоемкость реального воздуха очень быстро изменяется с температурой и интерполяция могла привести к ошибочному определению температуры, а, следовательно, и необходимого количества теплозащитного покрытия. Для каждого значения температуры вычислены скорость УВ, за которой создается такая температура при данном начальном давлении, а также термодинамические параметры (давление, энтальпия, энтропия, скорость звука и эффективный показатель адиабаты). Во второй части таблиц термодинамических функций приведены удельные концентрации продуктов диссоциации воздуха x_i .

Пользуясь таблицами, можно по заданным значениям начального давления и скорости УВ определить параметры диссоциированного воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке (рис. 1). Отличие от идеального газа особенно сильно проявляется с уменьшением атмосферного давления на больших высотах полета.

Рассчитаны также другие параметры воздуха за головной ударной

волной. Расстояние отхода ударной волны δ от передней критической точки тела с радиусом кривизны r_0 может быть аппроксимировано формулой $\delta/r_0 = 0,78 \rho_0/\rho_1$, где ρ_0 и ρ_1 - плотности воздуха до скачка и после скачка. С помощью таблиц величину ρ_0/ρ_1 можно выразить через высоту H и скорость полета тела v_0 .

С учетом термодинамики воздуха в 1953 году в Энергетическом институте АН СССР с участием сотрудников МГУ были проведены численные расчеты параметров потока воздуха за прямым скачком уплотнения при температурах 200-20000 К и начальных давлениях от 1 до 10^{-5} атм. Впоследствии таблицы были пересчитаны в ВЦ АН СССР и изданы в 1962 году [1.-4].

Пользуясь таблицами, по заданным значениям начального давления и скорости УВ определяются параметры воздуха за прямым скачком уплотнения в передней критической точке (рис.2). При спуске по баллистической траектории с изменением высоты от 80 до 15 км скорость медленно уменьшается от 6,7 до 6,1 км/с. Температура за скачком растет с увеличением атмосферного давления от 5400 до 8000 К. Расчет для идеального газа давал значения температуры 15 000 К независимо от высоты (рис.2)

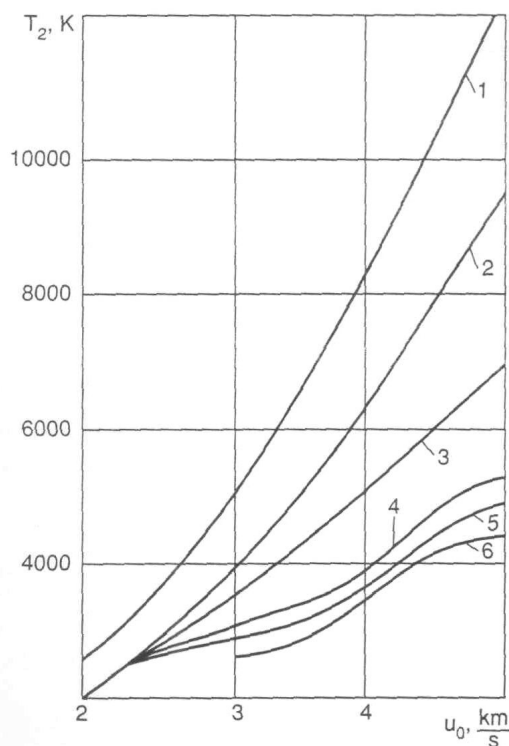


Рис. 2. Температура воздуха за головной ударной волной при движении тел в атмосфере в зависимости от скорости. 1 – идеальный газ, 2 – учет возбуждения колебаний, 3-6 – учет диссоциации и ионизации на высотах от 0 до 80 км

Сжатый и нагретый УВ воздух вытекает из области вблизи передней точки тела в боковую область. При этом поток расширяется и охлаждается. УВ ослабляется волнами разрежения и превращается в косой скачок

уплотнения, который поворачивает набегающий поток параллельно образующей конуса. Повышение температуры и давления за косым скачком незначительно, но скорость потока относительно тела за косым скачком в отличие от прямого скачка становится соизмеримой со скоростью набегающего потока.

Распределение температуры по нормали к оси конуса неоднородно, т. к. вблизи стенки движется слой изоэнтропически расширяющегося нагретого газа из области за прямым скачком, а на некотором расстоянии от стенки он сливается с потоком, прошедшем через косую УВ.

Численный расчет обтекания затупленных конусов реальным воздухом с помощью таблиц термодинамики выполнен методом характеристик. Результаты расчета приведены в таблицах [5,6].

Литература

1. Предводителев А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С. и др. Таблицы термодинамических функций воздуха - для температур от 6000 до 12000К и давлений 0,00001 до 100 атмосфер для температур от 12000 до 20000К). М., Изд. АН СССР, 1957
2. Предводителев А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С. и др. Таблицы термодинамических функций воздуха для температур от 12000 до 20000 К и давлений 0,001 до 1000 атмосфер М., Изд. АН СССР, 1958,.
3. Предводителев А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С. и др. Таблицы термодинамических функций воздуха (ч.1 - для температур от 200 до 6000 К и давлений 0,00001 до 100 атмосфер . М., ВЦ АН СССР, 1962,.
4. Предводителев А.С., Ступоченко Е.В., Плешанов А.С. и др. Таблицы термодинамических и газодинамических величин потока воздуха за прямым скачком уплотнения - ч. 1,2 и 3. М.: ВЦ АН СССР, 1962.
5. Белоцерковский О.М. Обтекание затупленных тел сверхзвуковым потоком газа М.: ВЦ АН СССР, 1968.
6. Лунев В.В., Магомедов К.М., Павлов В.Г. Гиперзвуковое обтекание притупленных конусов с учетом равновесных физико-химических превращений. -М.: ВЦ АН СССР, 1968. 203 с.

**СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ И
ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ**

Вьюга Е.Н.

ГБОУ школа №500, Санкт-Петербург, Россия, учитель информатики, sl_vyuga@mail.ru

Экспертная система «Электронный сборник упражнений по основам элементарной логики»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Экспертная система, электронный образовательный ресурс, элементарная логика.

АННОТАЦИЯ:

Электронный сборник упражнений по основам элементарной логики является экспертной системой учебного назначения. Инструментарий приложения: построение таблиц истинности для логических выражений двух и трех переменных, преобразования (упрощение) логических выражений, справочная информация. Логические выражения могут задаваться с помощью ручного ввода. В этом случае производится синтаксический анализ цепочки ввода на принадлежность ее языку логических выражений. Используется более 5 лет в 9-11 классах базового и профильного обучения по информатике и ИКТ и для подготовки к ЕГЭ.

Экспертные системы учебного назначения эффективно применяются в образовательной сфере для приобретения новых знаний, навыков в практической деятельности, контроля результатов обучения. Использование экспертных систем – электронных сборников упражнений способствует достижению основных методических целей:

- индивидуализация и дифференциация процесса обучения (возможность поэтапного выполнения заданий различной сложности по согласованной собственной схеме);
- обучение, тренировка и самоподготовка учащихся;
- осуществление контроля с обратной связью, с диагностикой ошибок;
- усиление мотивации обучения за счет удобного визуального интерфейса.

Раздел “Исчисление высказываний” пропозициональной логики изучают на уроках информатики средней школы. Учащиеся знакомятся с понятием логического высказывания, элементарной формулы (атома), сложных логических формул, составляемых из элементарных с помощью логических операций (конструкторов) [1]. К ключевым темам школьного курса элементарной символьной логики можно отнести построение таблиц истинности логических выражений и логические законы и правила. Таблицы истинности строятся по всевозможным наборам значений

элементарных переменных, входящих в состав логических формул. Преобразование логических выражений происходит на основе логических законов и правил. Для практической подготовки учащихся в построении таблиц истинности и преобразования сложных логических выражений двух или трех переменных, автором создана экспертная система учебного назначения – “Электронный сборник упражнений по основам элементарной логики” [2]. Данная экспертная система применяется на протяжении более 5 лет в 9-11 классах некоторых общеобразовательных школ Санкт-Петербурга, где автор преподавал информатику.

В предлагаемом вниманию электронном сборнике три раздела:

- Таблицы истинности
 - Упражнения по вычислениям логических функций на основе таблиц истинности для двух логических переменных
 - Упражнения по вычислениям логических функций для трех логических переменных
 - Упражнения по вычислению логических функций трех переменных при вводе формулы в ручном режиме.
- Законы логики и правила преобразования
 - Упражнения по преобразованию логических выражений двух переменных
 - Упражнения по преобразованию логических выражений трех переменных со случайной выборкой
- Справочная информация

Электронный сборник представлен в виде блокнота с шестью страницами. На каждой странице сборника находятся задания, кнопки с номерами заданий. При нажатии кнопки в поле активного задания появляется логическое выражение, которое необходимо вычислить. Кнопка, соответствующая активному заданию, при этом окрашивается в розовый цвет. Для проверки правильности результата надо нажать на кнопку “Проверить”. Если вычисления произведены правильно, кнопка окрашивается в зеленый цвет. На страницах блокнота к упражнениям присутствуют краткие правила по заполнению таблиц.

Первый раздел сборника содержит упражнения по построению таблиц истинности логических выражений двух переменных. Раздел предназначен для учащихся, которые находятся на начальном этапе изучения темы. Последовательность выполнения логических операций - подформул генерируется программно - от ученика требуется корректное заполнение полей таблиц истинности (см. рис. 1). При нажатии на кнопку “Проверить” происходит автоматическая проверка правильности заполнения всех столбцов таблицы.

Сборник упражнений по алгебре логики

Таблицы истинности 1

Таблицы истинности 2

Таблицы истинности 3

Законы логики

Справочная информация

О программе

Заполнить поля таблиц истинности логических выражений для двух логических переменных: А и В

А

В

$A \wedge B$

$\neg(A \wedge B)$

1	1	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
0	0	0	0

1

6

11

16

21

26

2

7

12

17

22

27

3

8

13

18

23

28

4

9

14

19

24

29

5

10

15

20

25

30

Проверить

№

Логическое выражение

№

Логическое выражение

№

Логическое выражение

1	$\overline{A} \vee B$	11	$\overline{A} \rightarrow \overline{B}$	21	$\overline{A} \leftrightarrow B$
2	$A \vee \overline{B}$	12	$\overline{A} \rightarrow B$	22	$A \leftrightarrow \overline{B}$
3	$\overline{A} \wedge B$	13	$\overline{A} \wedge \overline{B}$	23	$\overline{A} \rightarrow (A \vee \overline{B})$
4	$A \wedge \overline{B}$	14	$A \rightarrow \overline{B}$	24	$\overline{A} \wedge (A \vee \overline{B})$
5	$A \vee B$	15	$\overline{A} \wedge \overline{B}$	25	$\overline{A} \vee A \wedge \overline{B}$
6	$A \wedge B$	16	$A \leftrightarrow B$	26	$B \leftrightarrow (A \wedge \overline{B})$
7	$\overline{A} \rightarrow B$	17	$\overline{A} \leftrightarrow B$	27	$B \vee (A \wedge \overline{B})$
8	$A \rightarrow \overline{B}$	18	$\overline{A} \leftrightarrow B$	28	$\overline{A} \vee B \wedge \overline{A}$
9	$\overline{A} \rightarrow B$	19	$A \leftrightarrow B$	29	$(\overline{A} \vee B) \leftrightarrow (\overline{B} \vee A)$
10	$\overline{A} \vee B$	20	$\overline{A} \vee \overline{B}$	30	$(\overline{A} \rightarrow B) \leftrightarrow B$

Правила построения таблиц истинности

1. Количество строк в таблице - 2^N , где N - количество логических переменных. Соответственно для двух логических переменных количество строк равно 4.

2. Количество столбцов = количество логических переменных + количество логических операций.

3. Обозначение: Истина =1; Ложь=0.

Рис.1 Иллюстрация рабочей программы.

Страница 1. Задания с логическими функциями двух переменных.

На рисунке 2 приведена страничка, соответствующая второму разделу сборника. В данном разделе ученик получает задания с логическими выражениями трех переменных, и самостоятельно определяет последовательность выполнения логических операций. Для этого предусмотрен интерфейс, обеспечивающий соответствие конкретного столбца таблицы и логической операции - подформулы. От ученика требуется знание порядка выполнения логических операций в логическом выражении. В поле "Операция" ученик последовательно по строкам прописывает логические формулы в соответствии с правилами построения таблиц истинности. При нажатии на кнопку "Изменить" – соответствующий столбец переименовывается: столбцу присваивается имя логической операции – подформулы. В этом разделе контроль правильности проводится по результирующему столбцу, номер которого указывается учеником.

В третьем разделе реализована возможность ввода произвольного логического выражения трех переменных конечной длины. Предусмотрен инструментарий, позволяющий вводить переменные (атомы), логические операции, скобки для составления логического выражения. Сформировав логическое выражение, пользователь нажимает на кнопку "Инициализация", при этом производится анализ входной цепочки и определяются столбцы таблицы истинности.

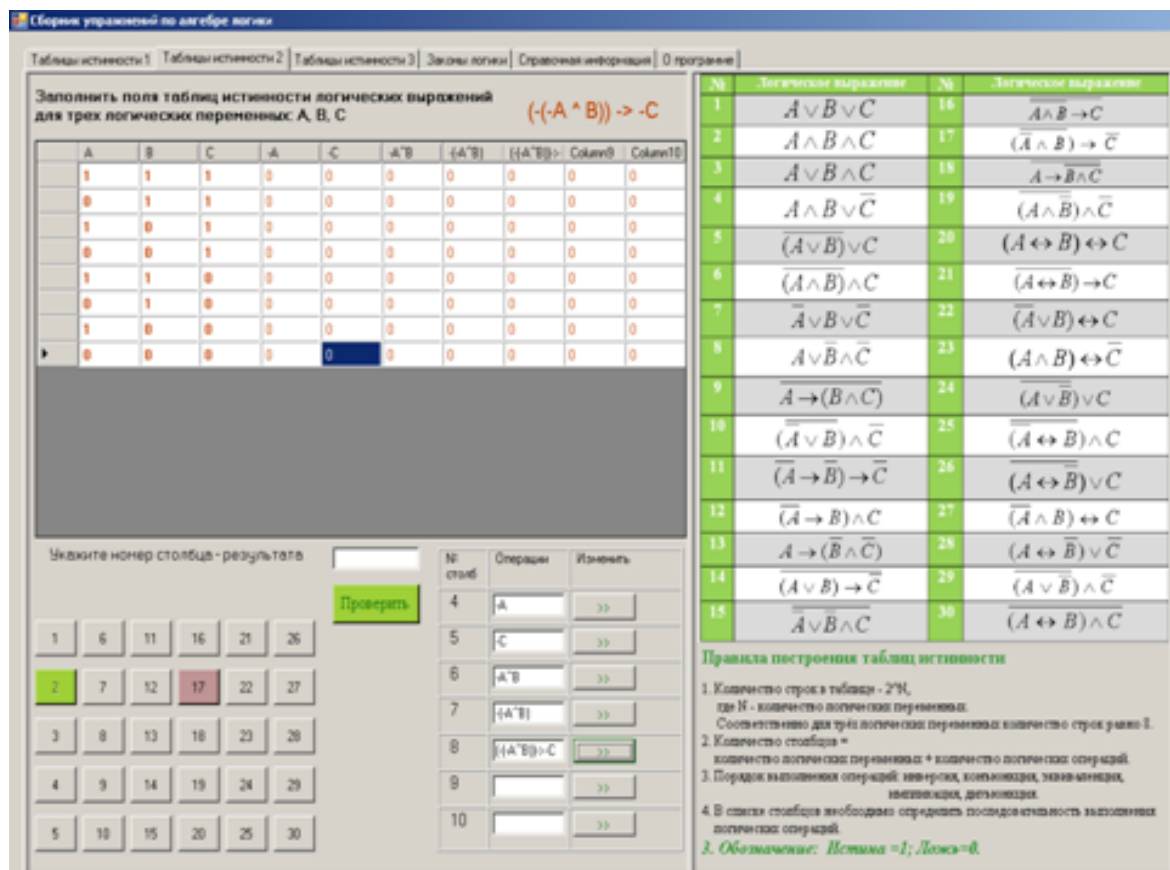


Рис.2 Иллюстрация рабочей программы.

Страница 2. Задания с логическими выражениями трёх переменных.

В процессе заполнения таблицы истинности пользователь самостоятельно задает последовательность выполнения логических операций, определяя их в заголовках столбцов, используя описанный ранее интерфейс. Контроль правильности вычислений проводится по результирующему столбцу, номер которого задается пользователем. В результате оценивания результирующего столбца в поле “Результат” выдается информация о правильности вычисления логического выражения, приняв за основу результат, вычисляемый программно.

В данном разделе в отличие от предыдущих проводится сканирование входной цепочки терминальных символов, представляющих логическое выражение, и определяется правильность её написания. Вычислительный процесс обработки входной цепочки символов, описывающей логическое выражение, представляет собою два процесса: программный и пользовательский.

• **Программный процесс обработки входной терминальной цепочки включает [3-5]:**

- Лексический анализ.
- Синтаксический анализ.
- Генерацию последовательности выполнения логических операций и соответствующего именованного набора столбцов.

– Вычисление промежуточных логических операций в столбцах таблицы истинности с получением результирующего столбца.

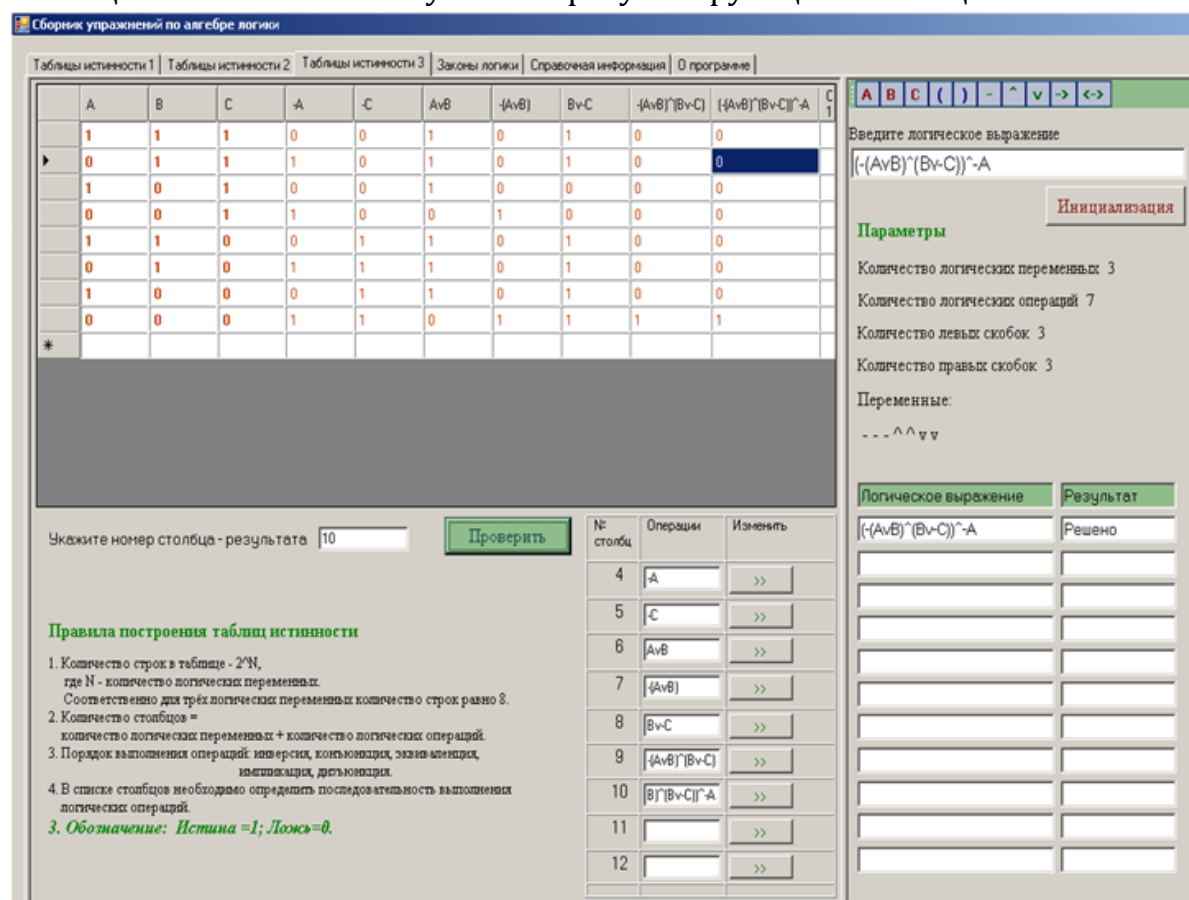


Рис. 3 Иллюстрация рабочей программы (в автоматическом режиме работы)

- **Пользовательский алгоритм обработки входной цепочки включает:**

1. Определение пользователем последовательности выполнения логических операций и формирование соответствующего именованного набора столбцов промежуточных логических выражений.

2. Вычисление сформированных промежуточных логических выражений в столбцах таблицы истинности с получением результирующего столбца, являющего собой заданное логическое выражение.

- **Контроль правильности выполнения задания пользователем:**

выполняется на основе сравнения результирующих столбцов, полученных двумя алгоритмами, полагая при этом, что программный алгоритм является эталонным.

Разберем более подробно процесс на основе программного алгоритма обработки входной цепочки символов, включающий:

- **Лексический анализ.**

Алфавит терминальных символов представим в виде лексем:

5. Логические переменные - атомы: A, B, C.
6. Логические унарные операции (<O1>): $\neg$ (-).
7. Логические бинарные операции (<O2>): $\vee$, $\wedge$, $\gg$, $\leftrightarrow$.
8. Скобочных структур: (,).

Лексический анализ проводится в процессе сканирования входной терминальной цепочки в прямом направлении, при этом формируются информационная синтаксическая структура лексем, в которой определены количественные характеристики входящих в неё элементов. Лексический анализ включает следующие критерии тестирования контроля входной терминальной цепочки:

- a) Наличие логических переменных - атомов во входной цепочке с определением их количества. Если их количество равно 0, то выдается сообщение об ошибке, и заканчивается обработка цепочки.
- b) Наличие унарных и бинарных операций. Определяется их количество.
- c) Если их количество равно 0, то выдается сообщение об ошибке, и заканчивается обработка цепочки.
- d) Проверка скобочных структур. Определяется количество левых и правых скобок. Если их количество не совпадает, то выдается сообщение об ошибке, и заканчивается обработка цепочки.

• **Синтаксический анализ**

Цепочка лексем, полученная в результате лексического анализатора, образует вход синтаксического анализатора. Для грамматики, которая описывает правила построения логических выражений необходимо автоматически построить синтаксический анализатор, который будет проводить контроль соответствия цепочки лексем синтаксической структуре, определяемой грамматикой. Выходом анализатора служит дерево, представляющее синтаксическую структуру, в узлах которой определены логические операции над переменными, корневой вершиной которого является конечная результирующая логическая операция, соответствующая результирующему столбцу в таблице истинности логического выражения. В качестве примера можно рассмотреть следующую терминальную цепочку языка логических выражений: **(Av-B)^(B→-C)**.

KS грамматика, генерирующая язык логических выражений [3]: $G = \{N, \Sigma, P, S\}$, где $N = \{D, F, G, S, S1, <O1>, <O2>\}$ – конечное множество нетерминальных символов, которые являются вспомогательными логическими переменными.

$\Sigma = \{A, B, C, \wedge, \vee, \neg, \rightarrow, \leftrightarrow, (,)\}$ – множество терминальных символов.

P – конечное подмножество множества $(N \cup \Sigma)^* N (N \cup \Sigma)^* x (N \cup \Sigma)^*$ правил:

$S \rightarrow S1 <O2> F \mid <O1> F \mid F, S1 \rightarrow S1 <O2> F \mid <O1> F \mid F, F \rightarrow (D) \mid D,$

$D \rightarrow D <O2> G \mid G \mid G <O2> D \mid G \mid D <O2> F \mid F <O2> D \mid A \mid B \mid C,$

$G \rightarrow A \mid B \mid C \mid F \mid <O1> G, <O1> \rightarrow \neg, <O2> \rightarrow \vee \mid \wedge \mid \rightarrow \mid \sim,$

S – начальный символ.

Дженжер В.О.¹, Денисова Л.В.²

¹Оренбургский государственный педагогический университет, заведующий кафедрой информатики и МПИ, vdjenjer@yandex.ru

²Оренбургский государственный педагогический университет, доцент кафедры информатики и МПИ, lv-denisova@yandex.ru

Enchanting: от программирования в Scratch к программированию роботов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Робототехника, программирование, Lego Mindstorms, Scratch, Enchanting.

АННОТАЦИЯ:

В работе рассматриваются различные среды программирования роботов Lego Mindstorms NXT 2.0. Дается сравнительный анализ систем программирования. Для детей, ранее изучавших язык программирования Scratch, предлагается использовать среду Enchanting.

Введение

В настоящее время средняя школа заметными темпами осваивает довольно новую для себя науку — робототехнику. Во многих школах она ведётся в кружках, в других изучается в рамках информатики и ИКТ, и даже включается в учебный план в качестве отдельного предмета. При изучении робототехники происходит развитие инженерно-конструкторских и программистских навыков, причём программирование ведётся зачастую на очень низком уровне (на языке ассемблера). Это достаточно сложная и непривычная для преподавателя дисциплина, требующая от него не только инженерных и программистских знаний, но и совершенно нового методического опыта.

В настоящей статье нам хочется рассмотреть один из возможных путей организации занятий по робототехнике со школьниками, ранее изучавшими язык программирования Scratch.

Конструкторы для занятий робототехникой

Сегодня в школе используются различные робототехнические конструкторы. Из них, среди получивших наибольшее распространение в практике, можно назвать следующие:

- 12.Lego Mindstorms NXT 2.0: один из наиболее часто встречающихся в школе наборов. Кроме множества деталей и процессорного блока имеет программную поддержку в виде большого количества сред программирования. Об этом наборе мы подробнее поговорим ниже.
- 13.Lego Mindstorms RCX: предыдущая версия набора, сегодня встречается гораздо реже.

14.Lego Mindstorms EV3: новая (2013 г.) версия набора. Обладает более мощным процессором и изменениями как в самом наборе, так и в среде программирования.

Существуют также программно-аппаратные платформы, которые могут быть использованы в том числе и в школьной робототехнике:

15.Arduino: аппаратная вычислительная платформа. На её базе можно создавать свои роботы.

16.Raspberry Pi: полноценный компьютер, требующий установки операционной системы, и при этом имеющий размер банковской карты.

Продукция компании Lego выделяется на общем фоне, и в первую очередь своей приспособленностью к школьным реалиям. Серия Mindstorms построена на основе педагогической концепции Lego, которая предполагает простоту и интуитивность, но в то же время позволяет создавать очень сложные объекты из простых элементов. Поэтому в набор входят детали, с большинством из которых дети знакомы с раннего возраста. Проблема подключения регистрирующих и исполнительных устройств (в нашем случае — сенсоров и двигателей) решена при помощи стандартного интерфейса, общего для всех подключаемых систем. Самое главное — не требуется работа паяльником; в противном случае время на создание моделей увеличилось бы многократно и, скорее всего, нельзя было бы вести речи об изучении робототехники в начальной школе.

Второй важной особенностью конструкторов Lego Mindstorms является наличие собственной визуальной среды программирования NXT-G. Простейшие программы для робота можно разработать за несколько минут, и это является несомненным достоинством среды. Программа на NXT-G представляет собой последовательность команд, которая составляется из настраиваемых блоков. Набор таких блоков довольно велик, а при необходимости можно создавать свои собственные блоки (подпрограммы). Язык поддерживает многопоточность, что значительно облегчает разработку. Готовая программа компилируется в байт-код и заносится в память компьютерного блока, где впоследствии и выполняется. Несмотря на свои очевидные достоинства, NXT-G имеет ряд недостатков, на которых мы остановимся чуть ниже.

Ну и третьим плюсом комплектов Mindstorms является сообщество, которое придумывает новые конструкции, создаёт интересные программы и алгоритмы, разрабатывает новые датчики, и даже новые прошивки для компьютерного блока и совершенно новые языки программирования. Можно смело утверждать, что сегодня без активно действующего сообщества подобные проекты обречены на забвение.

Весь педагогический опыт, накопленный к сегодняшнему моменту (в том числе в России), свидетельствует о том, что, конструкторы Lego Mindstorms хорошо подходят для использования в школе [1,2, 3].

Языки программирования для Lego Mindstorms

Мы уже отметили, что Lego Mindstorms имеет свою собственную

среду программирования (см., например, [4,5]). Несмотря на свои очевидные достоинства, NXT-G имеет ряд недостатков, на которых мы остановимся подробнее.

Существенным изъяном NXT-G (в первую очередь, с точки зрения удобства обучения детей) является неэкономичность использования экранного пространства. Сложно поверить, что это именно недостаток: он, на первый взгляд, воспринимается просто как особенность языка. Но уже программа из 10–12 блоков с циклом и парой ветвлений не помещается на экране, причём код растёт не сверху вниз, а слева направо; приходится постоянно пользоваться скроллингом, тем более что зуммирование в среде отсутствует. Тот же код, например, на Си-подобном языке NXC уместился бы в 10 строк, коротких и легко видимых на экране. Поэтому более или менее простые программы на NXT-G писать можно, но со сложными (читай — большими по размеру) возникают определённые трудности, связанные с «читабельностью» кода. Частично выходом из положения является создание собственных блоков (подпрограмм), но неопытный программист с большим трудом воспринимает такую «вложенную» логику.

Второй недостаток, как и первый, проистекает из достоинства и касается способа передачи данных между блоками. Визуальный подход к записи алгоритма, если придерживаться его последовательно, требует столь же наглядного способа представления потоков данных. В NXT-G, как и в его «родителе» LabVIEW, данные передаются от блока к блоку при помощи проводов, которые подаются на входные слоты блока, либо выводятся из его выходных слотов. Разные типы данных передаются по проводам разного цвета. Следует признать, что процесс написания программы при таком подходе довольно прост, при условии, что проводов не очень много и вы наловчились соединять их по вашему желанию. Однако длинные параллельные нити, следующие вдоль всего кода, сбивают с мысли неискушённых программистов. Получается код легко понятный локально, но который очень сложно воспринимать в целом. Разумеется, с точки зрения разработчика все названные недостатки несущественны и будут перекрыты несомненными достоинствами языка, но с позиции преподавателя они очень значимы.

В настоящее время для комплектов Mindstorms адаптировано и разработано огромное количество языков и сред программирования. Можно назвать, например, Java, Ada, Perl, Matlab, Lua, Ruby, Python, Haskell, RoboMind и др. Подробнее рассмотрим три из наиболее известных (исключая NXT-G).

Бесплатная среда Robolab (<http://www.legoengineering.com/>) в чём-то похожа на NXT-G. Она также построена на базе LabVIEW, алгоритм записывается в виде блоков. Однако Robolab более гибок, в нём можно использовать, например, текстовое описание функций. В [2] эта среда используется как основное средство программирования.

Бесплатная среда Bricx Command Center с языком программирования

NXC (<http://bricxcc.sourceforge.net/>). Си-подобный язык, позволяющий создавать программы компактные и быстрые. В прошлом году автор языка выпустил второе издание руководства для программиста [6].

Платная (и довольно дорогая) среда RobotC (<http://www.robotc.net/>). Хорошая среда разработки, комплект виртуальных миров для программирования виртуального же робота. Сам язык довольно сильно похож на NXC. Развивающийся и хорошо поддерживаемый проект.

Отдельно следует отметить относительно новую отечественную разработку QReal:Robots. Это бесплатная среда визуального программирования, созданная для использования в общеобразовательном учреждении взамен NXT-G и Robolab и (по заверениям авторов) учитывающая пожелания школьных учителей. Среда полностью русскоязычна, имеет виртуальную двумерную модель робота, способную выполнять те же программы, что и реальный Lego-робот. Кроме того, имеется возможность генерации графической программы в текстовый язык «русский Си». Достаточно беглое знакомство с QReal:Robots не позволяет сделать каких-либо серьёзных выводов, но создаёт впечатление, что это очень перспективная разработка, заслуживающая внимания отечественного образования.

Мы имеем некоторый опыт перехода к изучению программирования роботов после освоения младшими школьниками языка программирования Scratch (scratch.mit.edu). Хочется остановиться на этом более подробно.

Enchanting как базовая среда для программирования робота Lego Mindstorms NXT 2.0

В течение нескольких лет мы ведём кружки по программированию в среде Scratch [7]. Эта среда очень привлекательна как для младших школьников, так и для 5–8-классников (и, как показывает практика, — даже для студентов) благодаря интуитивно понятному графическому интерфейсу и возможности достаточно легко и быстро создавать свои творческие проекты различного жанра (от компьютерных игр до математических моделей). Программы здесь создаются из разноцветных блоков-команд. Scratch поддерживает технологию объектно-ориентированного программирования (в новой версии неявно введено понятие класса) и многопоточности. К сожалению в российском школьном образовании эта среда пока не нашла себе достойного места. Однако есть учителя-энтузиасты, которые занимаются с детьми Scratch во внеурочное время.

Параллельно Scratch мы ведём занятия в робототехническом кружке для школьников 5–8 классов по программированию робота Lego Mindstorms. Школьники 5–6 классов программируют на NXT-G, а 7–8 классы изучают NXC. Ребята, уже владеющие каким-либо языком программирования, справляются с поставленными задачами намного легче, чем те, кто изучает программирование сразу на роботах. Однако определённые трудности возникают и у тех, и у других. Связано это, как

отлично знают преподаватели, с необходимостью некоторой перестройки своего «обычного» мышления на «алгоритмическое». Вместе с тем, программирование робота отличается от «обычного» программирования тем, что реальный робот более «капризен», чем идеальный исполнитель. Наконец, многие команды роботу изначально (и неявно!) работают в параллельном режиме: мотор запустился и начал работать, а программа выполняется дальше. Это заставляет программиста думать сразу о нескольких вещах и зачастую, например, отказываться, от любимых циклов в пользу блоков типа «жди, пока случится событие».

Поэтому мы решили в качестве эксперимента ввести робототехнику у младших школьников, изучающих Scratch. Мы понимали, что NXT-G с ними изучать можно, но это будет сложно из-за отсутствия русифицированной версии (такая версия имеется для набора Lego for education, но лицензия на неё слишком дорогая). Кроме того, NXT-G — это новый для детей инструмент, требующий отдельного изучения и отвлекающий силы от собственно робототехники.

В качестве идеального нам представляется вариант изучения программирования роботов при помощи самого Scratch. Это, в принципе, возможно, поскольку среда имеет набор команд для программирования робота Lego WeDo (блоки становятся доступны через меню Редактировать \ Показать блоки мотора). Однако при таком подходе необходимы дополнительные финансовые затраты на покупку отнюдь не дешёвого конструктора Lego WeDo (по сравнению с Lego Mindstorms, который имеет намного больше деталей и в придачу собственный процессорный блок). Да и количество команд языка, и возможности этого робота сильно ограничены.

Несколько лет назад на основе Scratch¹⁹ была создана среда для программирования робота Lego Mindstorms — Enchanting (на момент написания статьи версия 0.2.4.1: <http://enchanted.robotclub.ab.ca>). Она не русифицирована, но является надстройкой по отношению к Scratch, поэтому все исходные команды Scratch по-прежнему доступны на родном языке. Для работы с Enchanting требуется переписать системный блок Lego, поместив на него систему leJOS, основанную на Java (<http://www.lejos.org/>).

Программируя на Enchanting, мы продолжаем работать в знакомой среде Scratch. В то же время появились новые блоки и даже два специализированных меню для управления роботом.

В меню *Motors* можно сконфигурировать двигатели (на каком порту расположены), после чего появляется возможность работать с ними в привычной манере: запускать, поворачивать на нужное число градусов или оборотов, установить скорость вращения в единицах «градусы в секунду»,

¹⁹ В действительности, на основе Scratch разработана среда Snap! (бывшая BYOB (Build Your Own Blocks): <http://byob.berkeley.edu/>), в которой добавлена возможность создания собственных блоков. А уже на основе BYOB построена среда Enchanting.

снять и сбросить показания сенсора вращения, остановить двигатели.

Необычные средства, по сравнению с другими средами программирования, предоставляет новое меню *Driving*. Здесь вначале нужно сконфигурировать не только двигатели, но и параметры колёсной базы: требуется задать диаметр и ширину колёс ведущей пары. После этого программист может дать роботу команду, например, повернуть на $45\frac{238}{92}$ (не вал двигателя, а весь робот!), проехать 10 см, повернуть по дуге с радиусом 50 см, установить скорость движения в 20 см/с, установить ускорение движения в 15 см/с^2 и пр. Для первоначального ознакомления с программированием роботов такой подход оправдан и во многом более понятен, так как похож на использование исполнителя типа черепашки Logo или кота в Scratch. Разумеется, можно и не использовать возможности меню *Driving* и программировать аналогичные блоки самому.

Несмотря на то, что проект не добрался даже до первой версии, программировать в нём удобно. Однако есть некоторые не вполне очевидные моменты, которые могут поначалу испортить впечатление от знакомства с Enchanting.

Во-первых, робот стабильно соединяется с компьютером по Bluetooth, но USB-соединение постоянно пропадает: после останова программы часто приходится перезагружать робот, а иногда даже отключать его от компьютера.

Во-вторых, если выполняются какие-либо построения на экране NXT-блока, то на экране компьютера эти действия не дублируются. Это не очень удобно, поскольку робот может находиться в движении, в тёмном месте и т. п. Было бы гораздо более удобным наблюдать одну и ту же картинку в двух местах одновременно.

В-третьих, поскольку экран робота чёрно-белый, автор среды убрал возможность создавать цветные спрайты и картинки на фоне. Детям такая особенность не очень приятна, так как это, по-видимому, снижает для них ценность готового продукта.

Среди других особенностей языка можно назвать отсутствие работы с файлами, поддержку Bluetooth-связи между роботами и ряд других. Мы надеемся, что эти возможности появятся в новых версиях Enchanting, поскольку автор активно занимается развитием своего проекта.

Выводы

Распространённость набора Lego Mindstorms NXT 2.0 говорит о его популярности в образовательной робототехнике. Большое количество языков, разработанных для него, позволяет каждому пользователю выбрать для себя наиболее подходящий. Это позволяет совершить переход к программированию роботов Lego практически безболезненно. После изучения языка программирования Scratch удобно начать программирование робота при помощи среды Enchanting, обладающей интересными возможностями и предоставляющей ученикам знакомый и удобный интерфейс.

Литература

1. Копосов Д.Г. Первый шаг в робототехнику: практикум для 5–6 классов / Д.Г.Копосов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. — 286 с.
2. Филиппов С.А. Робототехника для детей и родителей. — СПб.: Наука, 2013. — 319 с.
3. Блог А. Колотова «NiNoNXT». URL: <http://nnxt.blogspot.ru> Режим доступа: 21.07.2013 г.
4. Kelly J. F. LEGO MINDSTORMS NXT-G Programming Guide, Second Edition, Apress, 2010, 317 p.
5. Griffin T. The Art of Lego Mindstorms NXT-G Programming, No Starch Press, 2010, 261 p.
6. Hansen J. C. Lego NXT Power Programming: Robotics in C. Second edition, Variant Press, 2012, 543 p.
7. Дженжер В. О. Проектная деятельность школьника в среде программирования Scratch: методическое пособие / В.О. Дженжер, В.Г.Рындак, Л.В. Денисова; Мин-во образования и науки РФ — Оренбург: Оренб. гос. ин-т. Менеджмента, 2009. — 117 с. URL: sites.google.com/site/orensratch/nasi-razrabotki

Сухомлин В.А.

МГУ имени М.В.Ломоносова, sukhomlin@mail.ru

Ежегодный интернет-конкурс «Страница семейной славы» как среда поддержки деятельности педагогике в сфере патриотического воспитания школьников

Памяти интернет-журналиста

В.В.Сухомлина, автора проекта

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Социально-ориентированный интернет-проект, интернет-сообщество, деятельность педагогика, патриотическое воспитание.

АННОТАЦИЯ:

В докладе рассмотрены цели, задачи, особенности инициативного социально-ориентированного интернет-проекта – ежегодного Международного интернет-конкурса «Страница семейной славы» (Конкурс), с помощью которого осуществляется создание интернет-сообществом публичного интернет-ресурса – Книги Памяти о народе-герое. Данный проект реализуется на основе Военно-исторического портала vif2.ru с использованием специально разработанных инструментальных средств.

1. Введение

Международный интернет-конкурс «Страница семейной славы» (Конкурс), впервые проводился в 2005 г. и посвящался 60-й годовщине Великой Победы СССР над фашистской Германией [1, 2, 3]. С 2010 года Конкурс проводится ежегодно при поддержке Союза журналистов России, МГУ имени М.В.Ломоносова и Совета ветеранов г.Москвы. Конкурс показал себя эффективной социокультурной и информационной технологией в сфере патриотического воспитания граждан и особенно подрастающего поколения. В основе реализации Конкурса и осуществляемой с его помощью образовательно-воспитательной работы лежит деятельностный процесс по формированию социально значимого интернет-ресурса национального масштаба. Соавторами создаваемой с помощью данного Конкурса Книги Памяти к настоящему моменту стали уже более двух тысяч человек.

2. Цели и задачи Конкурса

Главной целью Конкурса является коллективное создание его участниками интернет-ресурса «Страницы семейной славы» - электронной

Книги Памяти о народе-герое, о подвиге народа и Армии в Великой Отечественной войне, о доблести и славе воинов в локальных войнах и конфликтах, о тех, кто своим беззаветным служением Отечеству достоин народной памяти и уважения.

Задачи конкурса:

- привлечение молодого поколения к познанию беспримерного подвига своего народа в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг., примеров мужества, проявленного в локальных войнах и конфликтах, образцов беззаветного служения Отечеству.
- военно-патриотическое воспитание молодежи на примере героики старшего поколения.
- привлечение внимания подрастающего поколения к важности изучения истории своего рода и семьи, сохранения памяти о своих предках, об их славных делах на благо Отечества, к важности продолжения семейной славы.
- привлечение молодежи к знакомству с современными информационными и коммуникационными технологиями, освоению их возможностей в решении прикладных и социокультурных задач, имеющих социальное значение.
- предоставление возможности молодежи раскрыть свой творческий потенциал при создании социально значимых информационных ресурсов в сети Интернет.
- привлечение внимания молодежи к новому направлению развития средств массовой информации – сетевой или интернет-журналистике.
- проведение ежегодного Международного семинара «Интернет-технологии в воспитательно-образовательной и патриотической работе с молодёжью» (на базе факультета ВМК МГУ имени М.В.Ломоносова) с участием лауреатов Конкурса, представителей президиума Союза журналистов России, молодых журналистов и ветеранов журналистики, представителей общеобразовательной и высшей школ, общественных деятелей.
- проведение ежегодного национального медиа-форума «Святая память» (совместно с Союзом журналистов России) с торжественным награждением лауреатов Конкурса.

3. Механизм проведения Конкурса и его особенности

Конкурс представляется собой уникальный социально-ориентированный интернет-проект, ставящий своей целью создание интернет-сообществом всенародной электронной Книги Памяти о народе-герое, памяти ныне живущих о своих предках, родственниках, о тех, кто жил по совести, ратными и трудовыми делами служил Отечеству, и заслужил всенародное уважение и вечную память благодарных потомков.

Этот конкурс-проект – для всех возрастов. В нем принимают участие

и ученики младшей школы, и школьники-старшеклассники, и студенты, и военнослужащие, и ветераны войн и труда, и журналисты, и писатели, и авторские коллективы, и те, кто никогда не брался за перо, но решился рассказать о дорогих им людях, о связанных с ними событиях, и войти в коллектив соавторов всенародной Книги Памяти. При этом, благодаря системе оценки конкурсных работ, учитывающей принадлежность авторов к различным возрастным, профессиональным и социальным группам, шанс на высокую оценку своей работы и соответственно на получение награды того или иного достоинства, имеет практически каждый участник.

Особую категорию людей, принимающих участие в Конкурсе через работы своих учеников - школьников и студентов, составляют их учителя и преподаватели - наставники. Союз журналистов России традиционно отмечает таких наставников почетными грамотами, выражая им слова благодарности за большой вклад в патриотическое воспитание молодого поколения.

Данный Конкурс особенный, во-первых, потому, что каждый участник Конкурса, представивший свой проект (свою Страницу семейной славы в Книге Памяти), становясь соавтором этой общенародной книги, уже становится победителем. Даже если эта страница содержит скупые сведения о человеке, взятые из отдельных документов, фронтовых писем и фотографий, воспоминаний старших, она бесценна для автора страницы, высвечивая из глубины времени вехи истории дорогого человека, давая возможность прикоснуться к его судьбе, пропустить ее через душу и сердце, передать память о нем своим потомкам, навсегда запечатлеть его судьбу в Книге Памяти.

Во-вторых, конкурс и соответственно Книга Памяти принимают работы практически любого жанра в цифровом (компьютерном) виде, если они соответствуют тематике и смыслу Конкурса. Это могут быть любые материалы, подготовленные с помощью традиционных офисных и других приложений – статьи, рассказы, воспоминания, очерки, эссе, поэмы, повести, мемуары, обычные или мультимедийные презентации, фотоальбомы, виртуальные музеи, видеофайлы. Конкурсные проекты могут представлять собой и заархивированные контейнеры из набора материалов, указанного выше вида.

Еще одной особенностью Конкурса является то, что он поощряет создание страничек памяти на основе использования высокотехнологичных решений. Поэтому на конкурс принимаются и разнообразные веб-ресурсы такие, как сайты, порталы, блоги, подкасты, электронные учебные материалы. Одним словом, на Конкурс принимаются и включаются в электронную Книгу Памяти любые соответствующие тематике конкурса работы, с которыми способны разобраться университетские журналисты и айтишники.

Конкурс ежегодный. Каждый год сайт Конкурса открывается для приема работ 9 мая и работы на Конкурс принимаются до 31 декабря

текущего года. А весной следующего года называются имена лауреатов очередного конкурса и формируется очередной сборник Книги Памяти о народе-герое.

Механизм участия в Конкурсе прост – требуется зарегистрироваться на сайте Конкурса (<http://pobeda.vif2.ru/>), т.е. ввести свой логин и пароль, войти в свой личный кабинет, выбрать и загрузить на сайт с помощью предлагаемого механизма-обозревателя файлы конкурсных материалов, следуя правилам загрузки файлов заданного типа. Материалы могут также присылаться по электронной почте с адресом - pobeda2013@vif2.ru.

Материалы, принятые на Конкурс, размещаются для постоянного хранения на сервере Конкурса (по адресу: <http://pobeda.vif2.ru/>), а также могут публиковаться на форуме портала [vif2.ru](http://forums.vif2.ru/) (<http://forums.vif2.ru/>). На сайте Конкурса поддерживаются классификатор и средства поиска конкурсных работ, а также механизм пользовательского голосования.

Итоги текущего Конкурса подводятся в марте-апреле следующего года на заключительных ежегодных мероприятиях - Международном научно-методическом семинаре «Интернет-технологии в воспитательно-образовательной и патриотической работе с молодежью», проводимом в МГУ имени М.В.Ломоносова, и Национальном Медиафоруме «Святая Память. Итоги Интернет-конкурса “Страница семейной славы”, проводимом Союзом журналистов России.

В заключение следует отметить, что накопленные в базах данных проекта материалы проходят систематическую обработку и каталогизацию, Также ведется работа по подготовке к изданию из работ лауреатов конкурса сборников Книги памяти как в традиционном бумажном виде, так и в виде электронных книг, удобных для чтения на современных гаджетах.

4. Поддержка рефлексивно-деятельностной педагогики в сфере патриотического воспитания школьников

Многолетний опыт проведения Конкурса показывает, что наибольший эффект в деле патриотического воспитания молодежи, в частности школьников и студентов, достигается при сочетании образовательного и воспитательного элементов работы с учащимися, вовлекаемых в данное мероприятие. Отведение определенной доли внимания образовательному аспекту, воплощаемому в форме увлекательного творческого познавательного конструктивного процесса с осязаемым социально значимым результатом (информационным ресурсом значимым для участника, его семьи, школы, малой родины, страны), способствует расширению мировоззрения учащихся, развитию у них мотивации, аналитического мышления, информационной и медийной грамотности, умения конструировать и создавать собственные информационные ресурсы в сетевом мире. При этом сама воспитательная работа следует как бы вторым планом, воспитательные сигналы здесь могут быть слабыми, но точно рассчитанными для формирования требуемых ориентиров в образовательной и творческой деятельности

учащегося.

Значительных результатов в Конкурсе добиваются, как правило, наставники, способные конструировать учебно-воспитательную ситуацию, используя принципы рефлексивно-деятельностного подхода [4], т.е. ситуацию, которая погружает учащегося в среду целевой творческой проектной деятельности, требующей развития его рефлексивных способностей, умения анализировать и глубоко осознавать саму ситуацию и свое отношение к ней. В этом случае воспитательный эффект обуславливается именно рефлексией учащегося, который в результате осмысления (в контексте познавательного деятельностного процесса) ситуации, события или эталонного примера (например, подвига героя) сам откроет и положит в нужное место своего внутреннего мира целевые принципы и установки, формирующие его отношения к самому себе, к семье, Родине. И это будет его личным приобретением! Отметим, что процесс рефлексии может осуществляться как в групповой, так и индивидуальной формах. Задача опытного педагога как раз и состоит в том, чтобы сконструировать соответствующую ситуацию и выбрать оптимальную форму для рефлексии учащихся.

Технологическая среда Конкурса, формируемая функциональностью его сайта, дополнительным инструментарием и соответствующим бизнес-процессом, предоставляет широкие возможности для выбора различных форм работы с учащимися в сфере военно-патриотического воспитания подрастающего поколения, в том числе педагогические решения, использующие принципы рефлексивно-деятельностного подхода. В частности, для конкурсных работ, поступающих от школьных коллективов (а в Конкурсе ежегодно принимают участия более 100 школ и учебных заведений) наиболее популярными являются проекты по созданию следующих видов ресурсов: школьных сайтов, тематических блогов, виртуальных музеев, мультимедийных презентаций, альманахов семейной славы, цифровых фильмов. Надо отметить, что такие проекты нередко объединяют в одну команду учителей, учащихся и их родителей, что усиливает процесс коллективной рефлексии. Еще одной формой участия в Конкурсе учебных заведений является предоставление на Конкурс лучших работ, прошедших отбор после проведения школьных/классных олимпиад, конкурсов, сочинений, краеведческих исследовательских работ и пр. по соответствующей тематике.

Анализ итогов Конкурса показывает высокую эффективность данного мероприятия как некоторой социокультурной (образовательно-воспитательной) технологии работы с молодежью в сфере патриотического воспитания, поддерживающую современные педагогические подходы.

5. Основные результаты проекта

К настоящему моменту соавторами Книги памяти стали более двух тысяч человек. Эта книга хранит память о тысячах людских судеб, в которых отражены золотые песчинки фактов, добытых из фронтовых

писем, из простых и искренних рассказов о военных буднях, из бесхитростного описания событий семейной героики, объединяемых вместе в Великую историю Великой страны Великого народа.

В 2012 году Военно-исторический портал vif2.ru стал лауреатом одиннадцатого Всероссийского Конкурса СМИ "Патриот России", проводимом в рамках государственной программы «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации на 2011–2015 годы», где был удостоен специального приза победителя среди интернет-проектов в номинации «На службе Родине» за проект по созданию книги о народе-герое «Страницы семейной славы». В итоговых материалах Конкурса сказано: «Проект имеет большое значение для продвижения воспитательно-образовательной работы с молодежью в сети Интернет, а также в целом увековечивания памяти о народе-герое.».

Сама Книга Памяти в виде информационного ресурса формируется на сайте - <http://pobeda.vif2.ru/>. Развернута работа по изданию сборников, составленных из работ лауреатов Конкурса. Первый такой сборник вышел в свет в 2012 году [5, 6].

6. Заключение

В условиях, когда использование Интернета в России стало нормой жизни по существу для каждого человека, ежегодный интернет-конкурс «Страница семейной славы» представляется весьма действенным инструментом в сфере патриотического воспитания граждан и прежде всего молодежи, формирования у подрастающего поколения гражданской позиции, уважительного отношения к истории страны, к тем, кто эту историю делал.

Проведение таких конкурсов вовлекает тысячи молодых людей в мир новых информационных технологий и коммуникаций, в изучение истории своей семьи и героической истории страны, в формирование социально значимого интернет-ресурса об этой истории, позволяет многим раскрыть свои творческие способности, определить свое будущее.

Литература

1. В.В. Сухомлин, В.А. Сухомлин «Военно-исторический портал www.vif2.ru как технологическая основа Интернет-конкурсов патриотического воспитания школьников» (Памяти Интернет-журналиста Кливера). Стр. 858-862. Сб. трудов Первой Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование», под редакцией проф. В.А. Сухомлина, М.: МАКС Пресс, 2005. – 892 стр., 750 экз.
2. Сухомлин В.А. Как оградить сетевой мир от вакханалии зла? 07.06.2006 - 08:23, <http://www.segodnia.ru/index.php?pgid=2&partid=41&newsid=2476>.
3. Сухомлин В.А. Организация воспитательно-образовательной работы с молодежью в интернете/ segodnia.ru, 02.06.2006 - 09:16, <http://www.segodnia.ru/content/23966>.
4. В.М. Дюков, Г.С. Пьянкова. РОЛЬ РЕФЛЕКСИВНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОЙ ПЕДАГОГИКИ В РАЗРАБОТКЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПУТЕЙ, СРЕДСТВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВОЗРОЖДЕНИЯ ТВОРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. PDF (151 К) | стр. 103-107, http://www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=6354
5. В.Сухомлин. Книга Памяти Великого Народа/ segodnia.ru, 22.05.2013 - 15:28 <http://www.segodnia.ru/content/122701>

6. Страницы семейной славы. Сборник работ лауреатов Международного Интернет-конкурса «Страница семейной славы». Под ред. проф. В. А. Сухомлина. — М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» 2012. — 432 с., ил. (<http://forums.vif2.ru/showpost.php?p=7162&postcount=393>), Сборник в формате электронной книги (адрес для скачивания - <http://forums.vif2.ru/showpost.php?p=7014&postcount=1>).

**СЕКЦИЯ 8. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И РАСПРЕДЕЛЕННОЕ
ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ГРИД-ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ**

Бессмертный И.А.¹, Каримов А.Т.², Новоселов А.О.², Нугуманова А.Б.²

¹ Санкт-Петербургский Национальный исследовательский университет ИТМО, кафедра
вычислительной техники

² Восточно-Казахстанский государственный технический университет, департамент
информационных технологий
igor_bessmertny@hotmail.com, akarimov, anovoselov, anugumanova {ektu.kz }

Реализация алгоритма извлечения ключевых слов из текстов предметной области на основе модели MapReduce

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

MapReduce, алгоритм извлечения, текстовый документ.

АННОТАЦИЯ:

Автоматическое извлечение ключевых слов из текстов предметной области представляет собой задачу, которая имеет множество приложений в области машинной обработки текстов. В данной работе рассматривается распределенная реализация алгоритма извлечения ключевых слов из коллекции текстов с помощью известного статистического критерия хи-квадрат на основе модели MapReduce. Основная идея MapReduce заключается в преобразовании исходных данных в линейные потоки, которые сначала можно легко распараллелить на любое число вычислительных кластеров для выполнения простейших операций над ними, а затем можно также легко собрать. Применительно к задаче извлечения ключевых слов из больших коллекций текстовых документов MapReduce обеспечивает более высокую скорость обработки и сравнительно простой интуитивно понятный алгоритм.

Введение

Автоматическое извлечение ключевых слов из текстов предметной области представляет собой задачу, которая имеет множество приложений. Ключевые слова, извлекаемые автоматическим способом, могут использоваться как классификационные признаки для рубрикации документов, как семантические концепты для генерации тезаурусов и онтологий, как опорные понятия для контент-анализа СМИ. Практически во всех задачах, связанных с автоматической обработкой текстов, как то аннотирование, индексирование, классификация, машинный перевод, извлечение знаний и т.д., требуется извлечение ключевых слов. Для решения указанной задачи разработано большое количество эффективных методов и подходов, среди которых самыми простыми и устойчивыми являются методы, основанные на статистике употребления слов: мера

информационной выгоды, критерий хи-квадрат, мера взаимной информации [1,2,3].

Целью данной работы является реализация алгоритма извлечения ключевых слов из текстов предметной области на основе модели распределенных вычислений MapReduce. В соответствии с поставленной целью структура данной работы выглядит следующим образом. В разделе 1 рассматривается метод извлечения ключевых слов из коллекции текстов с помощью критерия Хи-квадрат. В разделе 2 описывается традиционная реализация алгоритма для указанного метода, и обосновывается необходимость проведения распределенных вычислений в случае, когда общий словарь коллекции измеряется сотнями тысяч слов. В разделе 3 описывается реализация этого же алгоритма на основе модели распределенных вычислений MapReduce.

1. Применение критерия хи-квадрат для извлечения ключевых слов из текстов предметной области

Пусть задана некоторая предметная область (как то: политика, кино, спорт, дорожное движение и т.д.). И пусть имеется некоторая коллекция текстов, состоящая из двух частей: текстов, относящихся к заданной предметной области, и прочих текстов, не относящихся к ней. Требуется, исходя из этой информации, из общего словаря коллекции отобрать только те слова, которые являются ключевыми для предметной области. Данная задача может быть решена статистически, с использованием критерия согласия Пирсона.

Критерий согласия Пирсона или критерий Хи-квадрат – это очень распространенный в статистике метод проверки гипотезы о подчинении некоторой наблюдаемой случайной величины закону распределения [4]. Для проверки гипотезы критерий оперирует ожидаемыми (теоретическими) и наблюдаемыми (эмпирическими) частотами случайной величины. Под ожидаемыми частотами понимаются частоты, вычисленные на основе теоретических представлений о предполагаемом распределении случайной величины, а под наблюдаемыми – частоты, полученные в ходе эксперимента. Формула для расчета критерия имеет следующий вид:

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

где f_0 и f_e – наблюдаемые и ожидаемые частоты соответственно, а суммирование ведется по интервалам (вариантам) распределения случайной величины. Как следует из формулы, критерий позволяет выяснить, насколько согласуются между собой наблюдаемые частоты и ожидаемые. Если различия между ними существенны, т.е. величина критерия превышает критическое значение, определяемое по соответствующей таблице, то гипотеза отвергается. Если различия минимальны, то гипотеза принимается.

Применительно к задаче извлечения ключевых слов проверяемой

(нулевой) гипотезой является предположение об отсутствии связи между определенным словом и предметной областью, т.е. о случайном характере появления этого слова в текстах предметной области. Соответственно, альтернативной гипотезой является предположение о том, что между словом и предметной областью существует некая семантическая связь, т.е. слово является ключевым для предметной области.

Для исследования выдвинутой нулевой гипотезы необходимо подсчитать статистику употребления данного слова в текстах коллекции и заполнить таблицу сопряженности размерностью 2x2, как показано ниже. Из таблицы сопряженности видно, что всего существует четыре варианта, образующих полную группу событий, с наблюдаемыми частотами A , B , C и D соответственно.

Таблица – Таблица сопряженности для исследования гипотезы о независимости определенного слова и предметной области

Количество текстов	Содержащих данное слово	Не содержащих данное слово	Всего
Относящихся к заданной предметной области	A	B	$TSD=A+B$
Не относящихся к заданной предметной области	C	D	$TSN=C+D$
<i>Всего</i>	$A+C$	$B+D$	$A+B+C+D$

Если слово не связано с предметной областью, то оно должно быть одинаково распределено как среди текстов предметной области, так и среди прочих текстов, т.е. присутствовать в них в том же отношении, что во всей коллекции $\frac{A+C}{A+B+C+D}$, и отсутствовать в них в том же отношении, что и во всей коллекции $\frac{B+D}{A+B+C+D}$. Отсюда можно найти ожидаемые частоты, умножив соответствующие количества текстов $(A+B)$ и $(C+D)$ на эти отношения. Результаты приведены в таблице 2 (часть несложных математических преобразований пропущена).

Просуммировав выражения в четвертом столбце таблицы и выполнив преобразования, получим следующую формулу для расчета критерия Хи-квадрат:

$$\chi^2 = \frac{(A+B+C+D)(AD-BC)^2}{(A+B)(A+C)(B+D)(C+D)} \quad (1)$$

Таким образом, для **каждого** слова коллекции необходимо сначала найти значения A , B , C , D , а затем подсчитать значение критерия. Если полученное значение критерия больше критического, то слово является ключевым. Критическое значение определяется по специальной таблице, исходя из числа степеней свободы и уровня значимости (вероятности

ошибок) [4]. Число степеней свободы определяется как где R и C – количество строк и столбцов таблицы сопряженности. Для рассматриваемой задачи это число равно 1. При уровне значимости в 1% и одной степени свободы, критическое значение по таблице составляет 6,6.

Таблица – Таблица для расчета критерия Хи-квадрат

Вариант	Наблюдаемая частота, f_o	Ожидаемая частота, f_e	$\frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$
Тексты относятся к предметной области и содержат данное слово	A	$\frac{(A+B)(A+C)}{A+B+C+D}$	$\frac{(AD-BC)^2}{(A+B)(A+C)(A+B+C+D)}$
Тексты относятся к предметной области и не содержат данное слово	B	$\frac{(A+B)(B+D)}{A+B+C+D}$	$\frac{(AD-BC)^2}{(A+C)(C+D)(A+B+C+D)}$
Тексты не относятся к предметной области и содержат данное слово	C	$\frac{(C+D)(A+C)}{A+B+C+D}$	$\frac{(AD-BC)^2}{(A+B)(B+D)(A+B+C+D)}$
Тексты не относятся к предметной области и не содержат данное слово	D	$\frac{(C+D)(B+D)}{A+B+C+D}$	$\frac{(AD-BC)^2}{(B+D)(C+D)(A+B+C+D)}$
Итого Σ :			$\frac{(A+B+C+D)(AD-BC)^2}{(A+B)(A+C)(B+D)(C+D)}$

2. Традиционная реализация алгоритма

Итак, имеются исходная коллекция текстов и словарь, который содержит все приведенные в нормальную форму слова из этой коллекции. Каждый текст коллекции проиндексирован по словарю, т.е. ему поставлен в соответствие список словарных слов, которые он содержит. Список содержит только уникальные слова текста, например, если слово встретилось в тексте дважды (пусть и в разных формах), в список оно будет включено только один раз. Будем называть такой список документом, тем самым отличая его от исходного текста. Для каждого текста и соответственно документа известно, относится он к предметной области или нет.



Рисунок – Пример документа-списка для стихотворного текста

На рисунке 1 приведен список уникальных слов для знаменитого

пушкинского четверостишия. Слово «я» встречается в тексте четверостишия дважды в форме «я» и в форме «мной», но в документ-список оно включено один раз.

Традиционная реализация алгоритма для описываемого в данной работе метода извлечения ключевых слов выглядит следующим образом.

- 1 **Цикл по** словарию коллекции
- 2 Извлечь очередное *слово* из словаря коллекции
- 3 $A:=0; B:=0; C:=0; D:=0;$
- 4 **Цикл по** документам коллекции
- 5 Извлечь очередной *документ* из коллекции
- 6 **Если** *документ* относится к *предметной области* и содержит *слово*,
то $A:=A+1$
- 7 **Если** *документ* относится к *предметной области* и не содержит
слово, **то** $B:=B+1$
- 8 **Если** *документ* не относится к *предметной области* и содержит
слово, **то** $C:=C+1$
- 9 **Если** *документ* не относится к *предметной области* и не содержит
слово, **то** $D:=D+1$
- 10 **Конец цикла**
- 11 $Chi2:=(A+B+C+D)*(A*D-B*C)^2/((A+B)*(A+C)*(B+D)*(C+D))$
- 12 **Если** $Chi2>6.6$, **то** добавить *слово* в *список ключевых слов*
- 13 **Конец цикла**

Алгоритм содержит двойной цикл. В верхнем цикле выполняется перебор всех слов коллекции, внутри этого цикла – перебор документов коллекции, внутри которого есть еще один неявный перебор слов, содержащихся в документе. Если словарь коллекции насчитывает N слов, количество текстов равно TS , а средняя длина документов составляет L слов, то трудоемкость алгоритма только в части подсчета значений A, B, C, D составит $N \cdot TS \cdot L$ проходов цикла. При $N=100000$, $TS=10000$, $L=1000$ (что соответствует параметрам коллекции средних размеров) трудоемкость равна 1 трлн. проходов. Вместе с тем, сами действия, которые выполняются внутри циклов, представляют простые арифметические операции суммирования, которые легко можно реализовать с помощью модели распределенных вычислений.

3. Реализация алгоритма с помощью map reduce

Модель распределенных вычислений MapReduce появилась как ответ на технологический вызов, связанный с обработкой больших данных, размеры которых превышают объемы оперативной памяти и исчисляются в петабайтах. Модель была впервые представлена научному сообществу в 2004 г. в докладе, подготовленном специалистами Google [6]. Основная идея MapReduce заключается в преобразовании исходных данных в линейные потоки, которые сначала можно легко распараллелить на любое число вычислительных кластеров для выполнения простейших операций над ними, а затем можно также легко собрать.

В общем случае работа алгоритма MapReduce состоит из трех шагов – Map, Group и Reduce. Шаг Group является внутренним, а шаги Map и Reduce реализуются пользователем. Map преобразует входную пару {ключ: значение} в набор промежуточных пар. Group выполняется внутри модели MapReduce и пользователем не задается, его задача объединить все значения для одного и того же ключа и возвратить в качестве результата пару {ключ: список значений}. Функция Reduce принимает на вход пару {ключ: список значений} и сворачивает список значений в одно значение. Таким образом, результатом работы алгоритма MapReduce являются пары {ключ: свернутое значение}.

Применительно к задаче вычисления критерия Хи-квадрат входными данными для функции Map являются пары вида {код текста, документ}, причем, как было отмечено выше, под документом понимается список уникальных слов, входящих в заданный текст. Функция Map преобразует эти пары в набор промежуточных пар вида {слово, 1}. Функция Group сгруппирует эти промежуточные пары с единицами по словам, а функция Resume просуммирует единицы в каждой группе. Таким образом, для каждого слова будет подсчитано количество текстов, в которых оно встречалось хотя бы раз.

Очевидно, что если на вход MapReduce подать документы, относящиеся к предметной области, то таким образом будут подсчитаны значения A для всех слов, встречающихся в этих документах (см. рисунок 2).

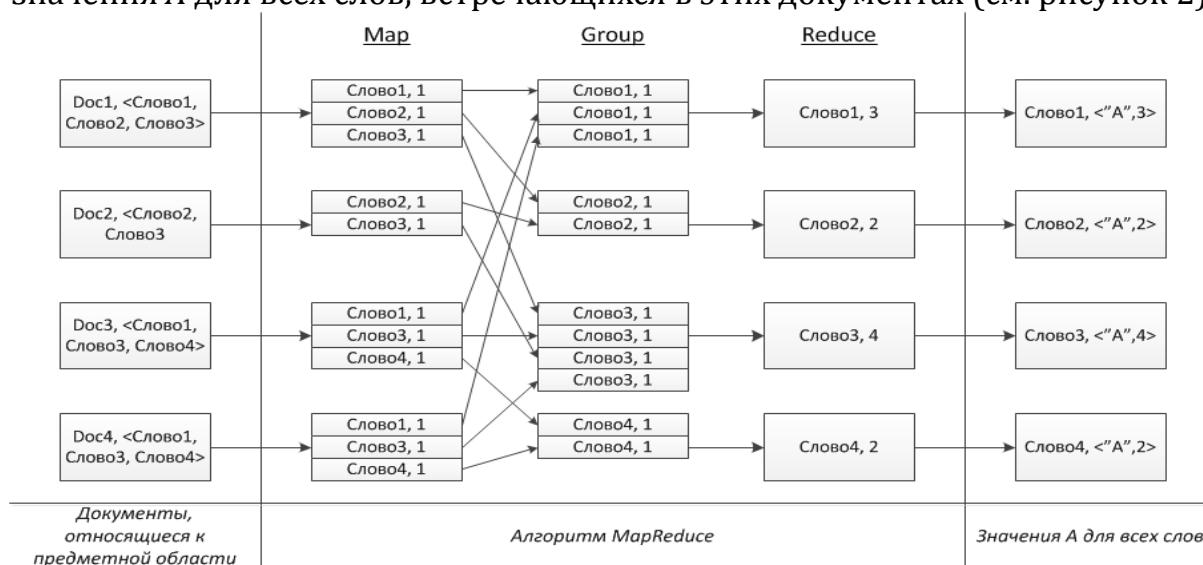


Рисунок – Реализация MapReduce для вычисления значений A

Аналогично, подав на вход MapReduce документы, не относящиеся к предметной области, можно подсчитать значения C для слов, входящих в эти документы (см. рисунок 3).

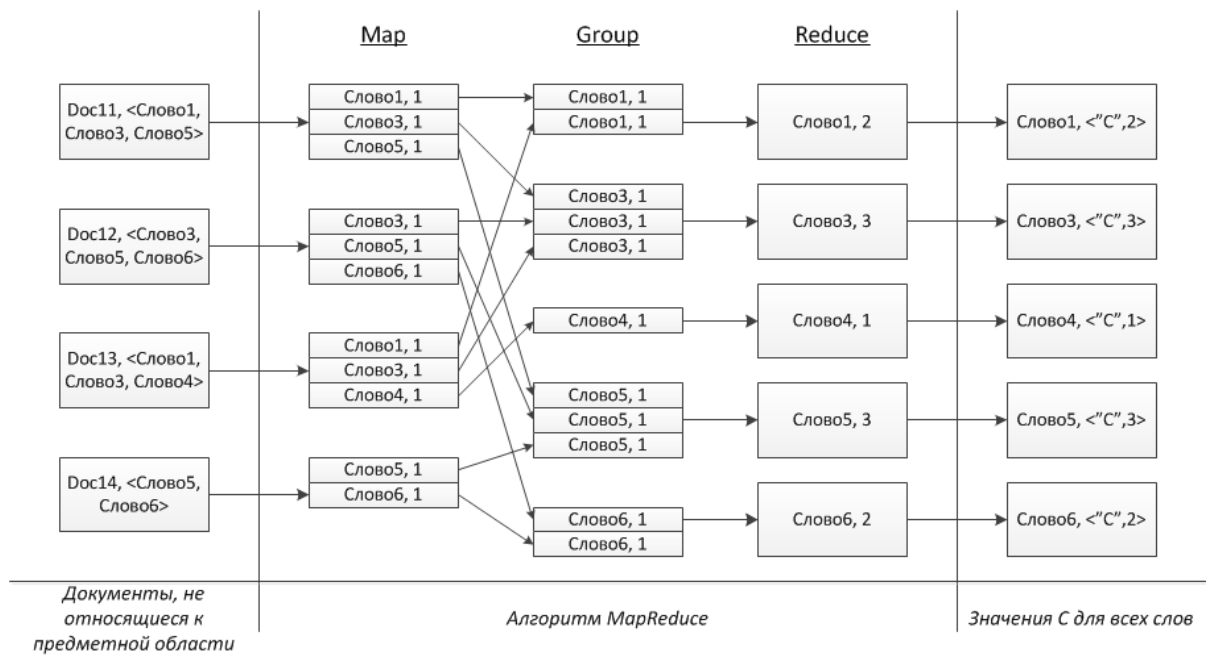


Рисунок – Реализация MapReduce для вычисления значений C

В результате первого MapReduce получен поток пар вида {слово, ("A",A)}. В результате второго MapReduce получен поток пар вида {слово, ("C",C)}. Теперь с помощью нового этапа MapReduce оба выходных потока могут быть соединены в один поток пар вида {слово, [("A",A), ("B",TSD-A), ("C",C), ("D",TSN-C), Chi2]}, где TSD и TSN – это количества документов, относящихся к предметной области, и не относящихся к ней соответственно.

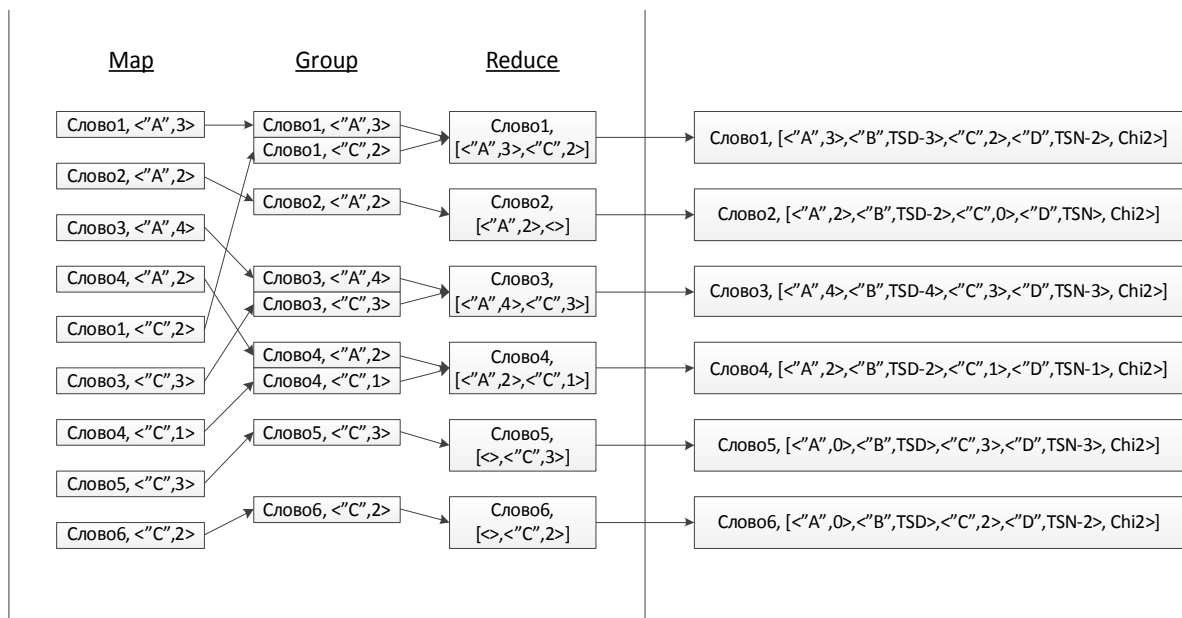


Рисунок – Соединение промежуточных потоков в результирующий поток

Теперь отсортировав выходной поток по значениям Chi2, можно отсечь нижнюю часть списка со значениями Хи-квадрат, которые меньше критического значения 6.6.

Заключение

Модель вычислений MapReduce является эффективным инструментом для организации параллельных вычислений, связанных с подсчетами в больших информационных массивах. Модель интуитивно понятна и позволяет не только эффективно использовать вычислительные ресурсы, но и снижать трудоемкость (следовательно, и время) разработки алгоритмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Manning. C.D., Raghavan P., Schutze H., (2008), "Introduction to Information Retrieval", Cambridge UP.
2. Z. Zheng, X. Wu, and R. Srihari. Feature Selection for Text Categorization on Imbalanced Data," ACM SIGKDD Explorations Newsletter, vol. 6, pp. 80-89, 2004.
3. G. Forman. An extensive empirical study of feature selection metrics for text classification. J. Mach. Learn. Res., 3:1289–1305, 2003.
4. Орлов А. И. Нечисловая статистика //М.: МЗ-Пресс. – 2004. – Т. 513. – С. 18.
5. Бакаева О. А., Щенников В. Н. Использование критерия χ^2 для выявления связи между качественными переменными на основе «идеальных» таблиц сопряженности. – 2011.
6. Dean, J., Ghemawat, S. MapReduce: Simplified data processing on large clusters. In: Proceedings of Operating Systems Design and Implementation (OSDI). San Francisco, CA. pp. 137-150, 2004.

Колпаков Р. М.¹, Храпов Н. П.²

¹ Механико-математический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

² Институт Проблем Передачи Информации РАН
foroman@mail.ru nkhrapov@gmail.com

Изучение периодических структур в произвольных символьных последовательностях на грид-системах из персональных компьютеров

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Периодические структуры, грид-система, персональный компьютер, символьная последовательность.

АННОТАЦИЯ:

Исследование периодических структур в произвольных символьных последовательностях является важным направлением в дискретной математике. Результаты исследований используются при создании алгоритмов сжатия данных и систем поиска по шаблону. В последние годы задача периодических структур получила широкое применение также и в биологии при анализе ДНК-последовательностей. В данной статье изложена постановка одной из задач символьных последовательностей и приведены результаты, полученные к настоящему времени на основе грид-систем из персональных компьютеров.

Описание задачи поиска периодических структур в произвольных символьных последовательностях

Пусть $w = w[1]w[2]...w[n]$ - произвольное слово, где $w[i]$ может принимать бинарные значения. Длина n слова w обозначается через $|w|$. Фрагмент $w[i]...w[j]$ слова w , где $1 \leq i \leq j \leq n$, называется *фактором* слова w и обозначается через $w[j..j]$. Положительное число p называется *периодом* слова w если $w[i] = w[i+p]$ для любого $i = 1, \dots, n - p$. Любое слово имеет тривиальный период, равный длине слова, но при этом оно может также иметь более короткие периоды. Из всех периодов слова w можно выбрать минимальный период, который обозначается через $p(w)$. Отношение $|w|/p(w)$ называется *порядком* слова w и обозначается через $e(w)$. Слово называется *примитивным*, если его порядок не является целым числом большим, чем 1.

Под периодичностью в слове понимается любой фактор, порядок которого не меньше, чем 2. Периодичности играют фундаментальную роль как в словарной комбинаторике [1], так и в различных приложениях, таких как алгоритмы на строках [2, 3], молекулярная биология [4] или сжатие текстовых данных [5]. Простейшим и наиболее изученным примером

периодичностей являются факторы вида uu , где u – некоторое непустое слово. Такие периодичности называются *квадратами*. Факторы вида uuu , где u – некоторое непустое слово, называются *кубами*. Кубы и квадраты представляют собой частные случаи факторов вида $u^k = uu \dots u$ (k подряд идущий непустых одинаковых слов), где $k > 1$ и u — непустое слово. Такой фактор называется k -ой *степенью* слова u . Если слово u является примитивным, то называется *примитивной* k -ой степенью. Если слово w имеет целый порядок $k > 1$, то оно, очевидно, является примитивной k -ой степенью своего префикса длины $p(w)$. С другой стороны, нетрудно показать (см., например, [6]), что при $k > 1$ порядок примитивной k -ой степени равен k . Таким образом, слово имеет целый порядок $k > 1$ тогда и только тогда, когда оно является примитивной k -ой степенью. Наряду с целыми степенями слов можно также рассмотреть “дробные” периодичности вида $u^k u^j$, где $k \geq 2$, u – примитивное непустое слово и u^j – некоторый префикс слова u , отличный от u . Такие периодичности имеют дробный порядок.

Определение. Периодичность $w[i..j]$ с минимальным периодом p в слове w называется максимальной, если она удовлетворяет следующим условиям:

если $i > 1$, то $w[i - 1] \neq w[i - 1 + p]$,

если $j < n$, то $w[j + 1 - p] \neq w[j + 1]$.

Таким образом, периодичность в слове называется *максимальной*, если она не содержится внутри некоторой более длинной периодичности с тем же минимальным периодом, т.е. периодичность в слове является максимальной, если она не может быть расширена в этом слове ни на один символ ни вправо, ни влево с сохранением своего минимального периода.

На рисунке 1 приведены примеры бинарных слов со всеми возможными периодичностями.

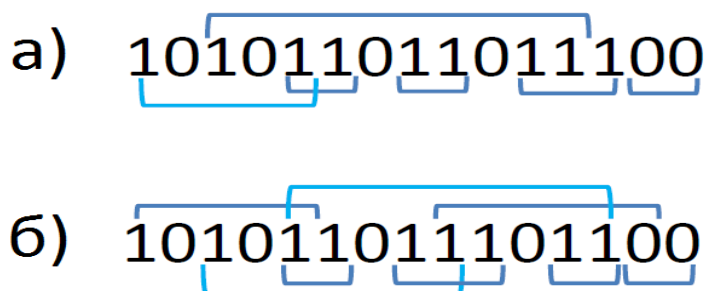


Рисунок 1. Поиск максимальных периодичностей в словах. В слове а 6 периодичностей; в слове б – 8.

Любая периодичность содержится в некоторой единственной максимальной периодичности с тем же минимальным периодом, поэтому максимальные периодичности естественным образом задают в слове все остальные периодичности (квадраты, кубы, k -е степени и т.д.), что позволяет их использовать в многочисленных приложениях [7]. В [8]

доказано, что максимальное возможное число максимальных периодичностей в словах длины n равно $O(n)$. Более того, было показано, что максимальная возможная сумма порядков максимальных периодичностей в словах длины n равна $O(n)$.

Понятие периодичности нетрудно обобщить на случай факторов, порядок которых не меньше, чем $1 + \varepsilon$, где $0 < \varepsilon < 1$.

Определение. ε -квазипериодичностью называется фактор: порядок которого не меньше, чем $1 + \varepsilon$. Рассматриваемая нами задача состоит в оценке максимального возможного числа $mrn(n, \varepsilon)$ максимальных ε -квазипериодичностей в словах длины n для различных значений n и ε . Можно показать, что $mrn(n, \varepsilon) = O(n/\varepsilon^2)$. Однако остаётся открытым вопрос, является ли данная оценка для $mrn(n, \varepsilon)$ точной по порядку.

Проведение вычислительного эксперимента

Для получения достаточно точной оценки максимума исследуемой величины требуется большой объем вычислений, выполнение которых заняло бы на одном персональном компьютере неприемлемо длительное время. В таких случаях целесообразно применение методов параллельных и распределенных вычислений [9-11].

Для поиска значений $mrn(n, \varepsilon)$ была разработана программа `smallexp`, анализирующая символьные последовательности. Последовательности создавались в коде программы специально разработанным генератором случайных последовательностей. Расчеты проводились на инфраструктуре BOINC в рамках проекта OPTIMA@HOME [9]. Особенность работы приложения `smallexp` на инфраструктуре BOINC состоит в том, что все вычислительные узлы получали задания с одинаковыми входными данными; в процессе работы на различных узлах генерировались различные случайные символьные последовательности для анализа.

В изначальной версии приложение `smallexp`, именуемое *решателем*, выполняло перебор последовательностей для конкретно заданного параметра ε . В процессе дальнейшей работы решатель был оптимизирован для подсчёта $mrn(n, \varepsilon)$ для нескольких параметров ε одновременно. Таким образом эффективность решателя удалось повысить примерно в 5 раз.

В общей сложности было обработано 2.5×10^{13} случайных двоичных слов. Результаты вычислительного эксперимента приведены в таблице 1. Графическое отображение результатов приведено на рисунке 2.

n	k	ε	$mrn(1; 1 + 1/k)$
120	1	1	81
120	2	1/2	142
120	3	1/3	197
120	4	1/4	252
120	5	1/5	303

Таблица 1. Результаты вычислительного эксперимента по подсчёту максимального числа ε -квазипериодичностей в произвольных словах



Рисунок 2. Графическое отображение экспериментальных результатов вычислительного эксперимента

В результате предварительных расчётов были получены точные нижние грани $\text{mrn}(n, (k+1)/k)$ для случаев $n = 120$ и $k = 1, 2, 3, 4, 5$. Полученные результаты позволяют сделать предположение, что $\text{mrn}(n, \epsilon) = O(n/\epsilon)$. Однако для $\epsilon = 1$ была составлена теоретическая оценка значения $\text{mrn}[12]$, равная 110. По причине большого расхождения теоретической оценки и экспериментального значения, полной уверенности в верности данной гипотезы на данный момент быть не может. Полученный к настоящему моменту результат является важным приближением к решению поставленной задачи. Сама задача нуждается в дальнейших исследованиях на основе более эффективных алгоритмов и большего набора исследуемых значений.

Литература

1. M. Lothaire, Combinatorics on Words, volume 17 of Encyclopedia of Mathematics and Its Applications, Addison Wesley, 1983.
2. Z. Galil, J. Seiferas, Time-space optimal string matching, J. Comput. System Sci. 26(3) (1983), 280–294.
3. M. Crochemore, W. Rytter, Squares, cubes, and time-space efficient string searching, Algorithmica 13 (1995), 405–425.
4. D. Gusfield, Algorithms on Strings, Trees, and Sequences, Cambridge University Press, 1997.
5. J. Storer, Data compression: methods and theory, Computer Science Press, Rockville, MD, 1988.
6. R. Kolpakov, G. Kucherov, Periodic structures in words, chapter for the 3rd Lothaire volume Applied Combinatorics on Words, Cambridge University Press, 2005.
7. M. Crochemore, C. Iliopoulos, M. Kubica, J. Radoszewski, W. Rytter, T. Walen, Extracting powers and periods in a string from its runs structure, Lecture Notes in Comput. Sci. 6393 (2010), 258–269.
8. R. Kolpakov, G. Kucherov, On Maximal Repetitions in Words, J. Discrete Algorithms 1(1) (2000), 159–186.
9. О.С. Заикин, М.А. Посыпкин, А.А. Семёнов, Н.П. Храпов. Опыт организации добровольных вычислений на примере проектов OPTIMA@HOME и SAT@HOME. Вестник Нижегородского

- университета им. Н.И. Лобачевского, 2012, No5(2), с.340-347.
10. Р. Ловаш, А.П. Афанасьев, В.В. Волошинов, М.А. Посыпкин, О.В. Сухорослов, Н.П. Храпов. О грид-системах из персональных компьютеров и их интеграции с другими видами грид-систем. Сборник избранных трудов V Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". Москва: ИНТУИТ.РУ 2010г.
 11. О.В. Сухорослов. Реализация и композиция проблемно-ориентированных сервисов в среде MathCloud // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование», Вып. 8, № 17(234). – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. (с. 101-112)
 12. <http://www.csd.uwo.ca/~ilie/runs.html>

Тянь Бо

Факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ имени М. В. Ломоносова,
yesyestian@gmail.com

BNBTEST — реализация методов ветвей и границ на платформе BOINC

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

BOINC; Разнородные вычислительные ресурсы; добровольные распределенные вычисления; Desktop Grid; BNBTEST@HOME.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматриваются проект BNBTest@HOME, исследующийся реализация метода ветвей и границ (МВГ) в BOINC системах на примере задачи о булевом ранце с одним ограничением.

Задачи комбинаторной оптимизации возникают во многих областях применения вычислительных методов, в частности, таких как искусственный интеллект, исследование операций и т. д. Метод ветвей и границ — общий алгоритмический метод для нахождения оптимальных решений различных задач оптимизации, особенно дискретной и комбинаторной оптимизации. Для задач большой размерности это требует значительных и, в известной степени, неоправданных с практической точки зрения затрат времени. Применение параллельных или распределенных вычислений в задачах глобальной оптимизации дает возможность получить оптимальный вариант за приемлемое время.

Распараллеливания метода ветвей и границ для различных параллельных систем исследовалась многими авторами. Но эти методы полезны только для тесно связанных систем или систем с общей памятью. Крупномасштабные добровольные гриды еще не были рассмотрены в качестве целевой платформы для метода ветвей и границ. Наш подход к проектированию и реализации программ позволяет решить эту проблему.

Наиболее популярная открытая программная платформа для организации добровольных вычислений – это BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing). Она изначально разрабатывалась для проекта SETI@home [1] в Berkeley Spaces Sciences Laboratory (США). С 2002 года платформа BOINC [2] была сделана открытой, и с 2004 года на ее основе стали создаваться другие проекты. В данной работе исследуется реализация метода ветвей и границ (МВГ) в BOINC системах на примере задачи о булевом ранце с одним ограничением.

Проект BNBTest@HOME разделяет вычисление метода ветвей и границ на несколько меньших подзадач, обрабатываются на клиентской стороне. Результаты, полученные клиентами, объединили в одно решение

на стороне сервера.

Мы используем поиск в ширину на стороне сервера, для ветвления каждый раз берется задача, находящаяся на слое с минимальным номером. Эта стратегия порождает подзадачи, которые распределены более равномерно по сравнению с другими стратегиями поиска. На стороне клиента используется поиск в глубину. Требования к объему памяти при поиске в глубину существенно меньше, чем при поиске в ширину. Такая стратегия обеспечивает повышение эффективности использования ресурсов в вычислительных волонтеров.

После того, как сервера генерирует определенное количество подзадач, рассматриваются две возможные стратегии. Обе стратегии создают расчетные блоки (WorkUnit, WU), которые состоят из равного количества подзадач. В первой «плотной» стратегии, мастер-сервер подбирает непрерывно подзадачи из дерева ветвлений и помещает их в WU (Рис. 1).

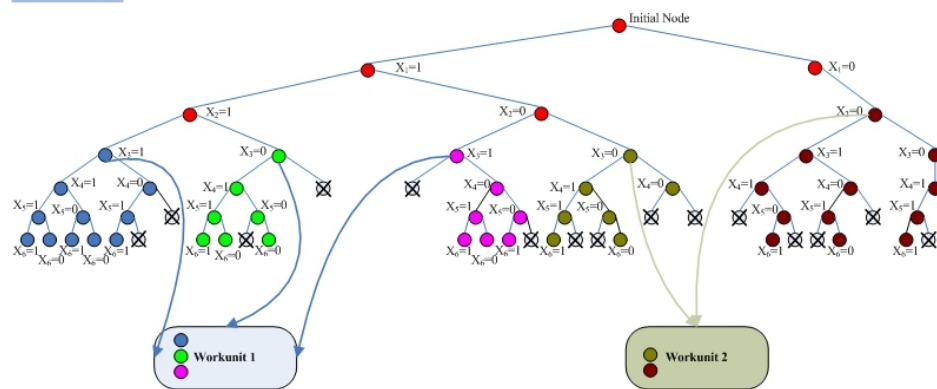


Рис. 1 Плотная стратегия

Чтобы решить эту проблему мы предлагаем «разреженную» стратегии (Рис. 2). В рамках этой стратегии сервер помещает в расчетный блок подзадачи, соответствующие листовым узлам дерева с некоторым шагом.

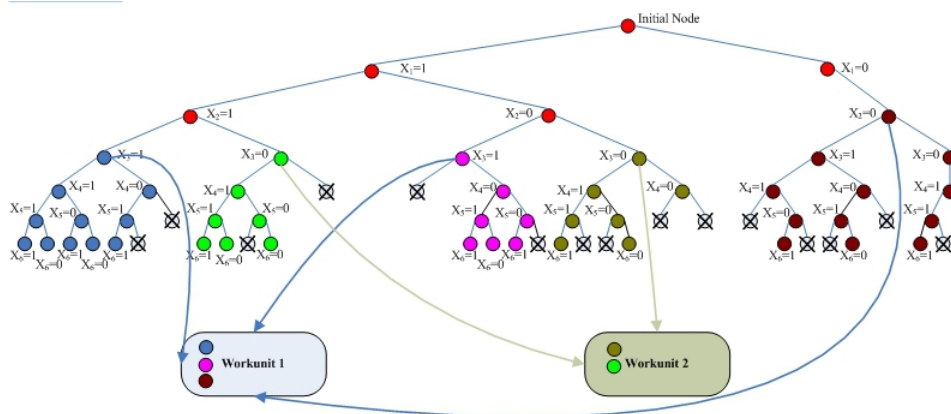


Рис. 2 Разреженная стратегия

Чтобы оценить сбалансированность распределение нагрузки между расчетными блоками и сравнить обе стратегии, мы используем «кривую

Лоренца». Кривая Лоренца — это графическое изображение функции распределения. В прямоугольной системе координат кривая Лоренца является выпуклой вниз и проходит под диагональю единичного квадрата, расположенного в 1-й координатной четверти. Равномерное распределение соответствует прямому отрезку прямой.

Для проверки предложенных стратегий, мы разработали собственную реализацию Метода ветвей и границ для задачи о ранце [3]. Мы случайным образом сгенерировали пример с 800 предметов в рюкзаке, которые были разбиты на 200 подзадач в результате выполнения некоторого числа итераций поиска в ширину. Затем мы построили 20 WUs с помощью исследуемых стратегий. Соответствующие кривые Лоренца изображены на рис. 3. Очевидно, что разреженная стратегия дает более равномерное распределение объема вычислений по расчетным блокам.

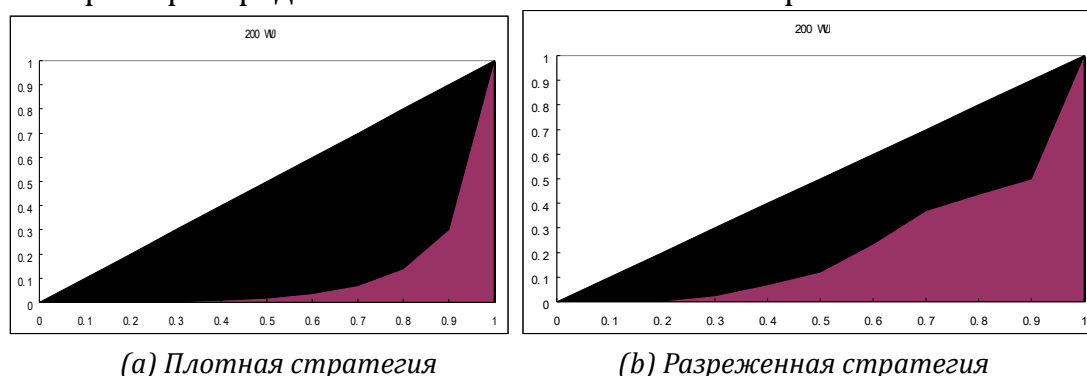


Рис. 3. Кривая Лоренца для двух стратегий распределения

Для сравнения обеих стратегий распределения работы были проведены численные эксперименты. Использовались три компьютера, обладающие суммарно с 10-ю процессорными ядрами в качестве волонтеров. Полное (суммарное) время выполнения всех расчетных блоков составило 16902.693 секунды. Время выполнения распределенного приложения составило 3944.558 секунд для Плотной стратегии и 3703.242 секунды для Разреженной.

В будущем мы планируем попробовать различные стратегии, и изучение их влияния на эффективность алгоритма.

Литература

1. David P. Anderson, Jeff Cobb, Eric Korpela, Matt Lebofsky, and Dan Werthimer, SETI@home: an experiment in public-resource computing, Commun. ACM45(11):56--61 (2002)
2. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage. David P. Anderson. 5th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing. November 8, 2004, Pittsburgh, USA.
3. David Pisinger, Where are the hard knapsack problems? Computers & Operations Research, Volume 32, Issue 9, September 2005, Pages 2271–2284.

Ширяев М.В.¹, Марценюк М.А.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, аспирант,
hekto2006@yandex.ru

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, профессор,
mrcn@psu.ru

Расчет поля системы заряженных тел в вакууме с использованием GPU

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Поле квадруполь, заряженная частица, GPU, видеокарта, точечный заряд.

АННОТАЦИЯ:

Описан программный комплекс для проведения виртуальных лабораторных работ по электростатике. Показан способ использования видеокарты при расчете поля системы точечных зарядов в вакууме. Продемонстрированы возможности на примере расчета поля квадруполь, тонкой квадратной заряженной пластинки и тонкой квадратной заряженной пластинки и иглы.

Введение

В настоящее время, широко распространено использование компьютерных моделей в образовании, науке и технике. С ростом сложности моделей возникают проблемы, связанные с нехваткой вычислительных мощностей, что приводит к покупке дорогостоящего оборудования и программного обеспечения.

Обычно, главное место в проведении расчетов занимает центральный процессор (CPU). На нем производятся все операции, относящиеся к выполняемым расчетам, обработке пользовательского интерфейса, работе с сетевыми интерфейсами и т.д. Одним из способов разгрузить CPU является передача части вычислений на графический процессор видеокарты (GPU). CPU состоят из нескольких ядер, оптимизированных для последовательной обработки данных, в то время как GPU состоят из десятков или сотен ядер, созданных для параллельной обработки данных. Последовательные части кода обрабатываются на CPU, а параллельные части - на GPU.

Целью данной работы является разработка компонента для программного комплекса, предназначенного для проведения виртуальных лабораторных работ. Компонент должен решать задачу, расчета поля создаваемого распределением зарядов. Эта задача хорошо поддается распараллеливанию, что дает возможность вычислить поле с помощью видеокарты, значительно сокращая затраты времени на проведение расчетов. К компоненту предъявляются следующие требования:

1. Высокая производительность
2. Загрузка геометрических моделей в STL формате для задания распределения зарядов.
3. Визуализация поля потенциала в виде эквипотенциальных поверхностей
4. Независимость от аппаратной части

Структура программного комплекса

На момент написания статьи, программный комплекс состоит из нескольких десятков классов, охватывающих широкий спектр задач, от рисования простейших геометрических примитивов, таких как линии, прямоугольники и окружности, до решения задач оптимизации геометрических поверхностей, зашивания дыр в геометрических моделях и расчета электростатических полей в вакууме и диэлектриках.

Программный комплекс реализован на основе Microsoft C++ .NET – это диалект языка C++ от Microsoft, предназначенный для разработки приложений с использованием .NET. Среда разработка Visual Studio. Основные технологии, используемые при разработке:

- [5] Direct3D – набор [API](#) функций для взаимодействия с видеокартой, использовался для создания 3D сцены
- [6] .NET Framework – использовался для создания пользовательского интерфейса, реализации пользовательских событий и добавления пользовательских модулей, подгружаемых в процессе выполнения
- [7] OpenCL – библиотека, позволяющая использовать возможности видеокарты или центрального процессора для параллельных вычислений.
- [8] CGAL – библиотека, для работы с геометрическими моделями [3]. Использовался, в основном, для построения сетки поверхности геометрических тел.

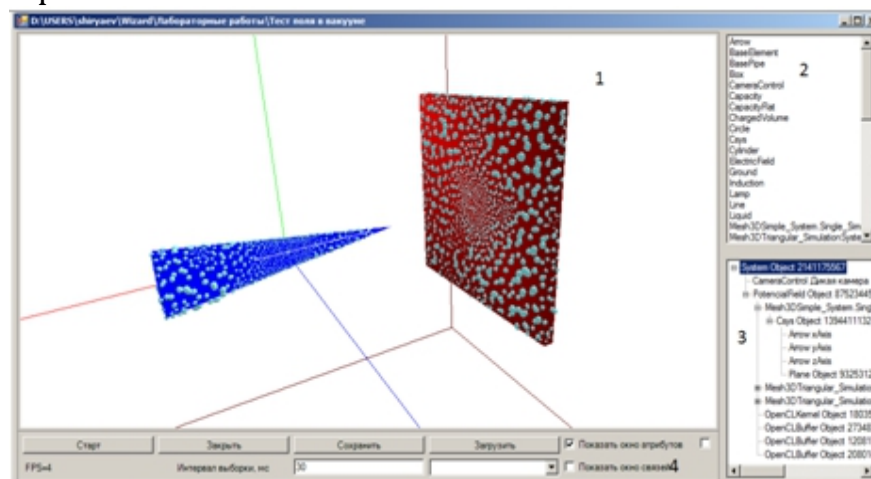


Рис.1. Структура пользовательского интерфейса

Пользовательский интерфейс создан на основе класса окна .NET Framework с помощью конструктора окон Microsoft Visual Studio. Главное

окно программы состоит из нескольких элементов (рис. 1):

1. Окно с 3D моделью системы
2. Список доступных для добавления в систему объектов. Добавление объектов осуществляется с помощью перетаскивания элементов списка на модель или дерево построения. Элемент будет позиционирован в точку, куда смотрит камера.
3. Дерево построения, которое содержит иерархию объектов системы
4. Меню для управления загрузкой и сохранением моделей

Кроме главного окна есть вспомогательные окна:

- Окно редактирования атрибутов – позволяет просматривать и изменять значения атрибутов, изменяя поведение системы (Рис. 2)
- Окно редактирования связей – предназначено для установки связей между атрибутами (Рис. 3)
- Контекстное меню объекта – позволяет получить доступ к функциям, характерным для данного объекта (Рис. 4). Открывается по правому клику на объект или выбору объекта на дереве построения.

В начале работы модель можно загрузить из файла нажав кнопку “Загрузить”.

После окончания работы, модель можно сохранить в файл нажатием на кнопку “Сохранить”.

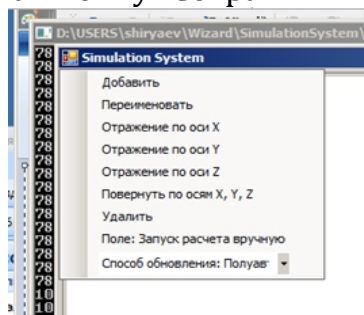


Рис.2. Контекстное меню

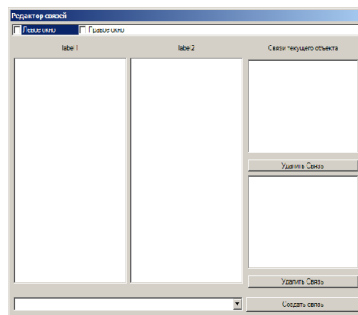


Рис.3. Редактор связей

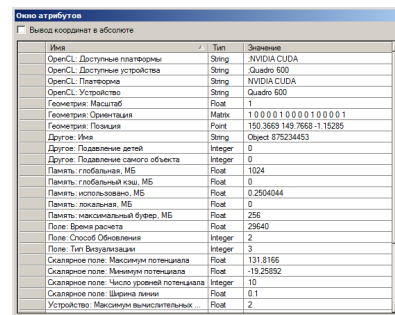


Рис.4. Редактор атрибутов

Алгоритм решения задачи вычисления электрического поля, создаваемого распределением зарядов

Одним из способов численного представления векторного поля в пространстве, является разбиение пространства с помощью сетки на ячейки, например, в виде прямоугольных параллелепипедов. Значение поля вычисляется в каждом из узлов сетки, а поле внутри ячейки находится с помощью интерполяции.

Объем представим в виде прямоугольного параллелепипеда, ограниченного плоскостями $X=\min X$, $X=\max X$, $Y=\min Y$, $Y=\max Y$, $Z=\min Z$, $Z=\max Z$. Разобьем его на ячейки с размерами ΔX , ΔY , ΔZ .

В результате получим три вектора

$$X_i, i = 0..I, \forall i \in I = \frac{(\max X - \min X)}{\Delta X},$$

$$Y_j, j = 0..J, \forall j \in J = \frac{(\max J - \min J)}{\Delta J},$$

$$Z_k, k = 0..K, \forall k \in K = \frac{(\max K - \min K)}{\Delta K}.$$

Пусть Q_{0n} – величина, X_{0n} , Y_{0n} , Z_{0n} – координаты n-того заряда. Тогда потенциал поля от n-того заряда в узле с индексами i, j, k будет

$$V_{ijk} = \frac{Q_n}{\sqrt{(X_{0n} - X_i)^2 + (Y_{0n} - Y_j)^2 + (Z_{0n} - Z_k)^2}}$$

Поле, создаваемое системой зарядов в точке (X_i, Y_j, Z_k) , находится по принципу суперпозиции как сумма полей отдельных зарядов:

$$V_{ijk} = \sum_n \frac{Q_n}{\sqrt{(X_{0n} - X_i)^2 + (Y_{0n} - Y_j)^2 + (Z_{0n} - Z_k)^2}}$$

Вычислив значение поля в каждом узле сетки, получим поле системы точечных зарядов.

Реализация класса поля системы точечных зарядов

Для представления поля выбрана прямоугольная сетка, так как она является одной из самых простых для реализации. Расчет скалярного поля производится на основе готового класса программного комплекса, реализующего в себе методы для работы со скалярными полями, такие как:

- 1.Рисование эквипотенциальных поверхностей
- 2.Получение градиента поля в точке
- 3.Интерполяция значения поля внутри ячейки расчетной сетки

Решение задачи с помощью центрального процессора не дает производительности, достаточной для проведения лабораторных работ, так как расчет поля системы может занимать значительное время, а время выполнения лабораторных работ ограничено. Перенос задачи расчета поля на видеокарту позволяет сократить время расчетов почти на два порядка[2]. Это возможно, так как каждая ячейка поля вычисляется независимо от остальных.

Загрузка систем зарядов сложной формы производится с помощью геометрических моделей в формате STL и сеткопостроителя, взятого из CGAL.

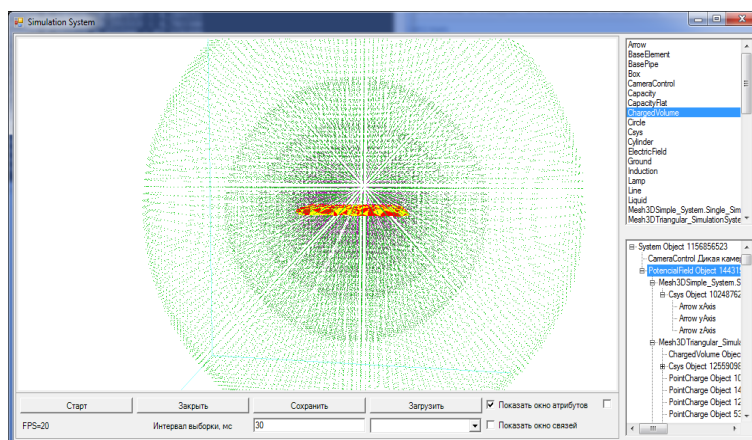
Существует множество библиотек, реализующих вычисления общего назначения на видеокартах: C++AMP, CUDA, OpenCL, Microsoft Accelerator и другие. В связи с тем, что решаемая нами задача будет выполняться на самых разных компьютерах и нежелательно привязываться к конкретному производителю оборудования, то было принято решение использовать библиотеку OpenCL. Ядро OpenCL компилируется в процессе выполнения,

Для обхода проблемы, связанной с нехваткой видеопамати, данные на видеокарту загружаются порциями, размер которых можно варьировать.

- Операционная система: Windows 7
- Процессор: Intel® Core™ i5-2500 CPU @ 3.3ГГц, ядер 4
- Оперативная память: DDR3, 4ГБ
- Видеокарта: NVIDIA Quadro 600

A 3D diagram showing a particle of mass m moving in a circular potential well of radius a in the xy -plane. The origin O is at the center of the well. A point A is on the z -axis at a height z above the plane. A line segment connects O to A , and the angle between this segment and the xy -plane is θ . Points B and C are marked on the boundary of the well in the xy -plane.

Пример взят из учебника Жирнова[1]. На бесконечно тонкой квадратной пластинке равномерно распределен заряд q . Нужно определить поле заряженной пластинки на перпендикуляре, проходящем через её центр. Написать приближенные формулы для расчета напряженности поля пластинки на малых расстояниях от центра ($z \ll a$) с точностью для членов порядка $\left(\frac{z}{a}\right)^4$ и на больших расстояниях ($z \gg a$) с точностью до членов порядка $\left(\frac{a}{z}\right)^4$ включительно.



637

Используя цилиндрическую систему координат r, φ, z (Рис. 5) и применяя принцип суперпозиции находим для потенциала в точке А следующее выражение:

$$\varphi = -\frac{\sigma z}{2\varepsilon_0} + \frac{2\sigma}{\pi\varepsilon_0} \int_0^{\frac{\pi}{4}} \sqrt{z^2 + \frac{a^2}{\cos^2 \alpha}} d\alpha \quad (1)$$

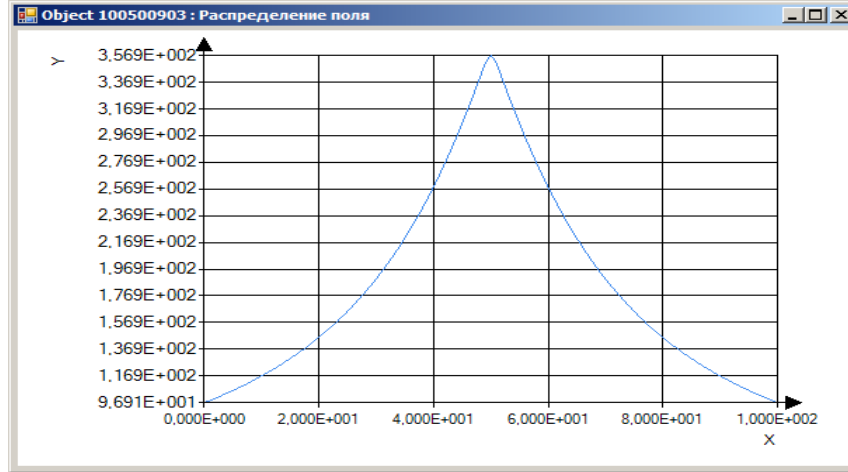


Рис. 7. Распределение потенциала вдоль центра пластинки

В формуле (1) интегрирование ведется по одной восьмой части поверхности пластинки. Из рисунка 8 видно, что верхним пределом интегрирования по r является уравнение прямой ВС, которое в полярных координатах имеет вид $r = \frac{a}{\cos \alpha}$.

Очевидно также, что потенциал в точку А зависит только от z , поэтому вектор напряженности в этой точке направлен вдоль оси z и численно равен:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} - \frac{2\sigma z}{\pi\varepsilon_0} \int_0^{\frac{\pi}{4}} \left(z^2 + \frac{a^2}{\cos^2 \alpha} \right)^{-\frac{1}{2}} d\alpha \quad (2)$$

Если точка наблюдения А находится на малых (по сравнению с размерами пластинки) расстояниях от её центра, т.е. если $z \ll a$, то в разложении подынтегрального выражения в ряд по степеням малого отношения $\frac{z^2 \cos^2 \alpha}{a^2}$ мы можем ограничиться первыми двумя членами.

$$\left(z^2 + \frac{a^2}{\cos^2 \alpha} \right)^{-\frac{1}{2}} \equiv \frac{\cos \alpha}{a} \left(1 - \frac{z^2 \cos^2 \alpha}{2a^2} \right). \quad (3)$$

Подставляем (3) в (2) и выполняя интегрирование получим:

$$E \equiv \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(1 - \frac{2\sqrt{2}}{\pi a} z + \frac{5\sqrt{2}}{6\pi a^3} z^3 \right), \quad (z \ll a). \quad (4)$$

Аналогично поступаем при вычислении поля на больших расстояниях ($z \gg a$) от центра пластинки. Оно оказывается равным:

$$E \cong \frac{\sigma}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right), \quad (z \ll a). \quad (5)$$

Полученные формулы (4-5) показывают, что поле равномерно заряженной пластинки можно отождествлять с полем бесконечно заряженной плоскости лишь на малых расстояниях от неё. С другой стороны, поле конечной заряженной пластинки на больших расстояниях оказывается эквивалентным полю точечного заряда, чего нельзя сказать о поле бесконечно заряженной плоскости, так как её поле всюду однородно.

Как видно из выкладок, взятых из задачника Жирнова[1], поле квадратной заряженной пластинки можно рассчитать аналитически лишь приближенно и только вдоль перпендикуляра проходящего через центр. Численные методы позволяют решить эту задачу для тонкой пластинки произвольной формы и в любой точек пространства. С помощью сеткопостроителя поверхность квадратной пластинки разбивается на треугольные сектора и предполагается, что в центре каждого сектора находится точечный заряд, величина, которого пропорциональна площади сектора и поверхностной плотности заряда.

Численно решив задачу, можно продемонстрировать поле произвольной тонкой заряженной пластинки, что позволяет наглядно представить показанные результаты и показать студенту приближенность аналитического решения.

На рисунке 6 представлен результат расчета поля для плоской прямоугольной тонкой пластинки. График распределения потенциала вдоль центра пластинки показан на рисунке 7. Число зарядов в системе – 5840, узлов сетки – 1000000, время расчетов:

- Генерация сетки - 10296мс
- Время расчета - 608мс

Пример: расчет электростатического поля квадруполь

Результат расчет поля квадруполь демонстрируется на рисунке (рис.8). Число узлов сетки - 8000000, время расчета — 254мс.

Пример: расчет электростатического поля тонкой конечной квадратной пластинки и иглы

Расчет поля тонкой конечной квадратной пластинки и иглы представлен на рисунке (рис. 9). Общее число зарядов - 10176, число узлов в сетке - 1000000, время вычисления:

- Генерация сеток - 22901мс
- Расчет поля - 1154мс

Заключение

Разработан компонент для программного комплекса, предназначенный для расчета поля системы точечных зарядов в вакууме.

Использование этого компонента, позволяет “на лету” изменять конфигурацию системы зарядов и получать картину эквипотенциальных поверхностей. В будущем, на основе проделанной работы будет

сформирована одна из лабораторных работ для раздела “Электричество и Магнетизм”.

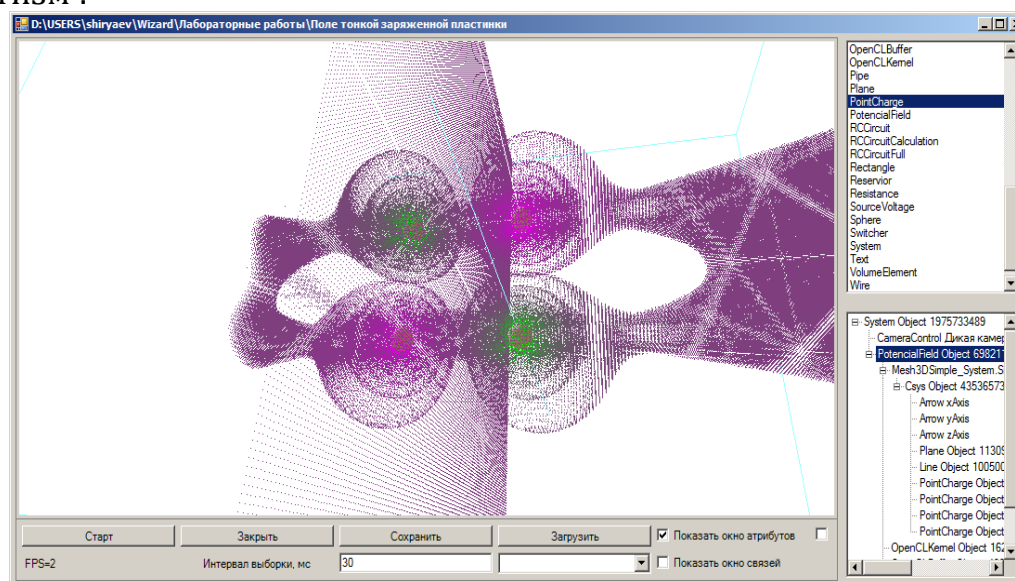


Рис. 8. Поле квадруполья

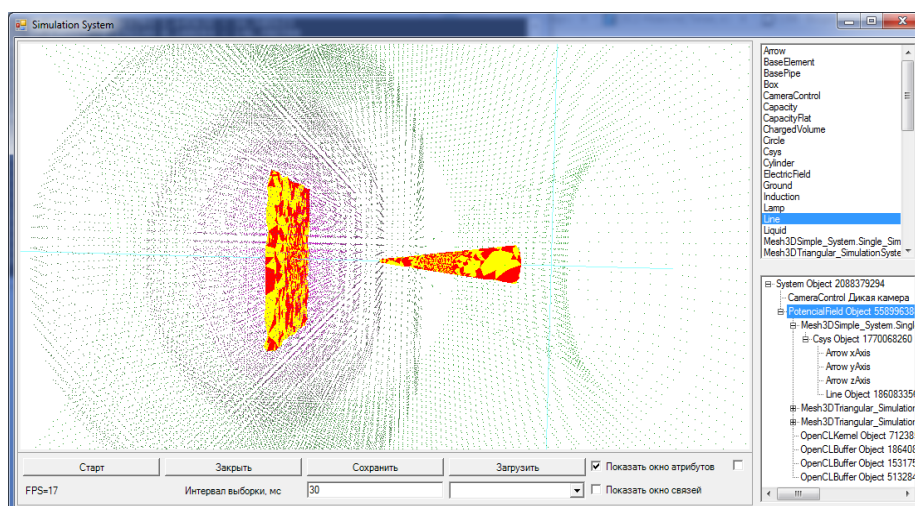


Рис. 9. Поле системы из тонкой конечной квадратной пластинки и иглы

Задел, полученный при разработке данного компонента позволит расширить область задач, которые возможно решать с помощью данного программного комплекса на диэлектрики, а также на расчет импеданса сложных сред, обладающих как диэлектрической проницаемостью, так и проводимостью.

Литература

1. Жирнов Н.И. Задачник-практикум по электродинамике.- Москва: Из-во “Просвещение” 1970
2. Ширяев М.В. Использование GPU для расчета электростатических полей // Вестн. Перм. ун-та. Сер. Информационные системы и технологии. 2012 Вып. 13(40)
3. Computational Geometry Algorithms Library <http://www.cgal.org/>

Си Ту Тант Син

Национальный исследовательский университет "МИЭТ", Москва, Россия,
mr.sithuthantsin@gmail.com

Параллельные и последовательные варианты метода динамического программирования

Постановка задачи о ранце

Задача о ранце — одна из задач комбинаторной оптимизации. Это название она получила от максимизационной задачи укладки как можно большего числа нужных вещей в рюкзак при условии, что общий объём (или вес) всех предметов ограничен. Подобные задачи часто возникают в экономике, прикладной математике, криптографии. В общем виде задачу можно сформулировать так: из неограниченного множества предметов со свойствами «стоимость» и «вес» требуется отобрать некое число предметов таким образом, чтобы получить максимальную суммарную стоимость при одновременном соблюдении ограничения на суммарный вес.

Пусть имеется n предметов, каждый из которых имеет ценность $p_j > 0$ и вес $w_j > 0$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Имеется ранец, грузоподъемность которого есть C , при этом $\sum_{j=1}^n w_j > C$, т.е. все предметы в ранец положить невозможно.

Необходимо положить в ранец набор предметов с максимальной суммарной ценностью. Введем n переменных:

$$x_j = \{0, 1\},$$

0: если предмет с номером j не кладется в ранец,

1: если предмет с номером j кладется в ранец, $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

После введения этих переменных суммарная ценность и грузоподъемность соответственно имеют вид:

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n p_j x_j, \quad g(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n w_j x_j.$$

Поэтому задача о ранце имеет вид:

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n w_j x_j \leq C, \quad x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Естественно предположить, что $p_j > 0$, $0 < w_j < C$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Множество допустимых решений этой задачи — это множество n -мерных булевых векторов $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, удовлетворяющих условию $\sum_{j=1}^n w_j x_j \leq C$.

Алгоритм динамического программирования решения задачи о ранце

Алгоритм динамического программирования решает задачу с помощью рекуррентного соотношения, называемого уравнением Беллмана:

$$f_j(i) = \max(p_j + f_{j-1}(i - w_j), f_{j-1}(i)), \quad j = 1, 2, 3, \dots, n, \quad i = 1, 2, 3, \dots, C;$$

$f_j(k)$ = максимальное значение для грузоподъемности i и j переменных;

p_j =цена предмета с номером j ;

w_j =вес предмета j ;

i = текущая грузоподъемность.

Решением задачи является вектор из нулей и единиц, задающий значения переменных.

Методы динамического программирования основаны на принципе оптимальности Беллмана. Табличный алгоритм динамического программирования реализует принцип оптимальности с помощью двумерной матрицы размерности $n \times C$. Необходимым условием применимости этого алгоритма является целочисленность коэффициентов задачи.

Табл. 1. Таблица алгоритма

j - предметы	1				$f_1(3)$			
	2				$f_2(3)=\max(p_2+f_1(3-w_2), f_1(3))$			
	3							
	.							
	.							
	.							
	n							
		0	1	2	3	.	.	C
i - грузоподъемность								

В таблице столбцы обозначают вес от нуля до максимального значения (т.е. грузоподъемность), а строки обозначают количество предметов. Прямой ход алгоритма динамического программирования решения задачи о ранце использует уравнение Беллмана для вычисления очередного значения в ячейке таблицы. Строки заполняются сверху вниз, каждая строка – слева направо. Рассмотрим пример задачи о ранце

$$2x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 6$$

Таблица, заполненная в результате работы метода динамического программирования приведена ниже (Табл. 3).

Табл. 2. Таблица метода динамического программирования для примера

j - предметы	1							
	2							
	3							
	4							10 (Результат)
		0	1	2	3	4	5	6
i - грузоподъемность								

Максимальное значение целевой функции оказывается в правом верхнем углу.

Задача о ранце на OpenMP

Для параллельной реализации применялась технология OpenMP. OpenMP является реализацией многопоточности. На параллельных участках главный поток разделяется на определенное количество подчинённых тредов и задача распределяется между ними.

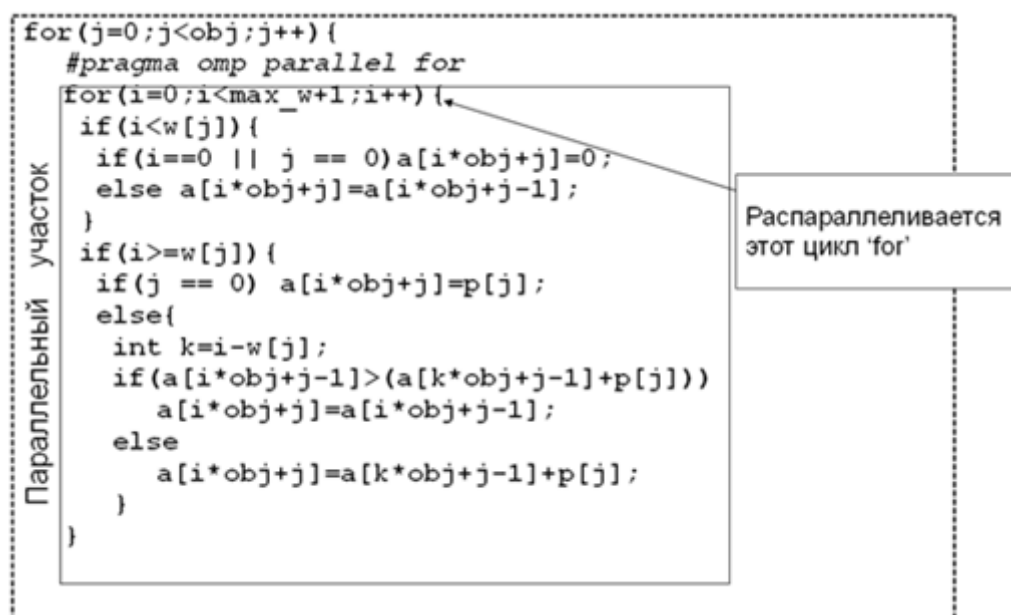


Рис. 1. Параллельный участок в коде

Для распараллеливания основного цикла прямого хода применяется директива parallel for. В результате итерации цикла распределяются между параллельными потоками.

Эксперименты

Эксперименты выполнялись с $n=5000$ переменными на компьютере с двумя процессорами IntelCore 2 Quad E53352,00 ГГц и 8Гб памяти. Эксперименты проводились для различного числа потоков. Графики зависимости времени выполнения от числа потоков приведены на Рис. 2 и 3.

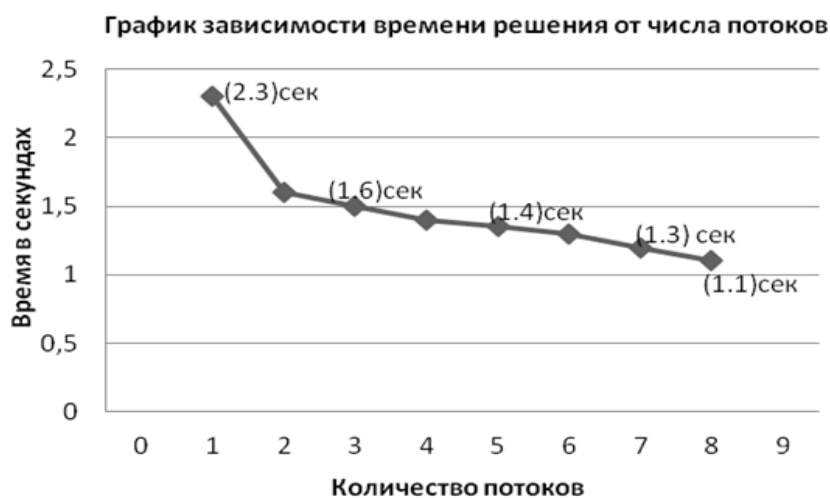


Рис. 2. График времени выполнения задачи

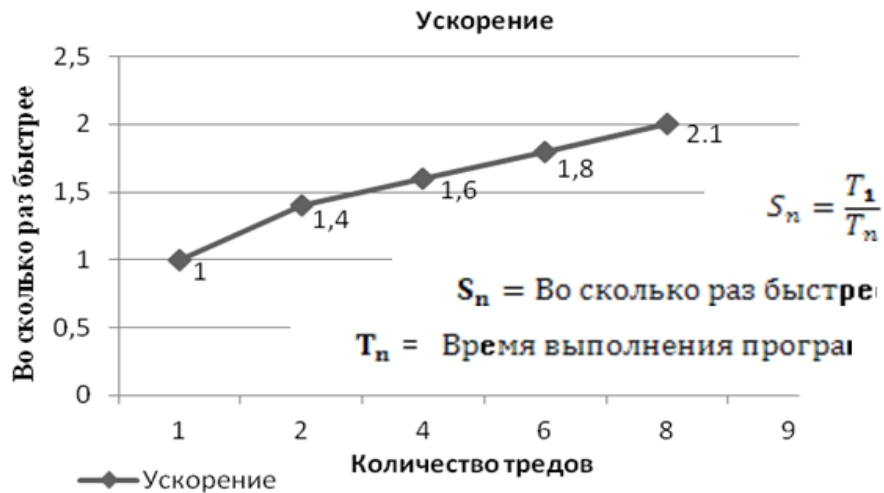


Рис. 3. График ускорения

Здесь показан график ускорения. Видно, что чем больше количество потоков, тем выше ускорение. Графики для ускорения и времени решения демонстрируют эффективность предложенного подхода к распараллеливанию алгоритма динамического программирования.

Алгоритм динамического программирования со списком

Алгоритм динамического программирования со списком использует список пар, первый элемент которых содержит суммарную стоимость положенных в ранец предметов, а второй – оставшийся лимит по весу, т.е. разность между грузоподъемностью ранца и суммарным весом положенных в него предметов. Концепция доминирования позволяет сокращать перебор в методе динамического программирования за счет удаления неперспективных состояний.

Пара (a, b) доминирует пару (c, d) , если $a \geq c$ и $b \geq d$. Очевидно, что при условии, что мы можем докладывать в ранец одинаковые предметы, пара (c, d) никогда не приведет к лучшим результатам по сравнению с парой (a, b) . Поэтому пару (c, d) можно удалить из списка.

Приведем примеры доминирования. Например, пусть имеется две пары $(4, 7)$ и $(3, 5)$, тогда $(4, 7)$ доминирует пару $(3, 5)$, потому что $(7 \geq 5)$ и $(4 \geq 3)$. Поэтому пару $(3, 5)$ можно удалить. Другой пример, если у нас есть две пары $(13, 11)$ и $(15, 10)$. Тогда $(13, 11)$ не доминирует $(15, 10)$ и $(15, 10)$ не доминирует $(13, 11)$. В этом случае обе пары сохраняются в списке.

При $j=0$ имеем список $L_0 = (0, C)$, состоящий из одной пары с суммарной стоимостью положенных предметов, равной нулю, и остаточной грузоподъемностью, равной грузоподъемности ранца. Последующий список L_j получается из списка L_{j-1} в два этапа. На первом этапе w_j вес и ценность p_j пункта j добавляется к весу и ценности всех пар, содержащихся в списке L_{j-1} . Получаем новый список L'_{j-1} . Это покомпонентное дополнение будем обозначать через

$$L'_{j-1} = L_{j-1} \oplus (p_j, -w_j).$$

Все пары вида (a, b) , где $b < 0$, удаляются из списка, т.к. они не

удовлетворяют ограничению по весу. На втором этапе два списка L_{j-1} и L'_{j-1} объединяются для получения L_j . При этом происходит исключение доминируемых пар.

Алгоритм динамического программирования со списком $L_0=(0, C)$.

Для $j=1$ до n ;

$L'_{j-1}=L_{j-1} \oplus (w_j, p_j)$ //добавить (w_j, p_j) для всех элементов в L_{j-1}

Удалить все пары $(\bar{w}, \bar{p}) \in L'_{j-1}$ с условием .

$L_j = \text{MergeLists}(L'_{j-1}, L_{j-1})$ //объединение двух списков.

Возвращать возможные пары в L_n .

Рассмотрим пример

$$2x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 3x_4 \leq 6.$$

Табл. 3. Таблица метода динамического программирования со списком для примера

Условие начало					
Шаг - 1	Список - 1	(0,6)			
Добавление $(p_1, -w_1)$					
Шаг - 2	Список - 1	(0,6)			
	Список - 2	(3,4)			
	Список - 3	(0,6)	(3,4)		
Добавление $(p_2, -w_2)$					
Шаг - 3	Список - 1	(0,6)	(3,4)		
	Список - 2	(2,3)	(5,1)		
	Список - 3		(0,6)	(3,4)	
Добавление $(p_3, -w_3)$					
Шаг - 4	Список - 1	(0,6)	(3,4)	(5,1)	
	(2,4)	(5,2)			
	Список - 3	(0,6)	(3,4)	(5,2)	
Добавление $(p_4, -w_4)$					
Шаг - 5	Список - 1	(0,6)	(3,4)	(5,2)	
	(7,3)	(10,1)			
	Список - 3	(0,6)	(3,4)	(7,3)	

Эксперименты для динамического программирования со списком

В экспериментах выполнялись десять задач с 500 переменными на

компьютере с двумя процессорами Intel(R) Core(TM) 2 Duo T56701,80 ГГц и 4 Гб памяти.

В данном случае коэффициенты p_j и w_j генерируются случайным образом в диапазоне $[1,R]$. Во всех случаях p_j и w_j распределяются равномерно в заданном интервале с диапазоном $R=10000$.

Кол. задач	Время выполнения ДП (сек)	Время выполнения ДП со списком (сек)	Шаги ДП	Шаги ДП со списком
1	34	15	50100501	1503546
2	33	15	50100501	1419281
3	32	12	50100501	1203467
4	33	12	50100501	1255444
5	34	10	50100501	1016818
6	33	11	50100501	1234950
7	34	15	50100501	1569151
8	32	18	50100501	1673445
9	33	11	50100501	1265404
10	34	11	50100501	1214087
Средние значения	33.2 сек	13 сек	50100501	1335559.3

Табл. 4. Таблица результатов со списками

Заключение

Алгоритм динамического программирования со списком, во-первых, сокращает перебор, а во-вторых, не требует целочисленности коэффициентов задачи. Мы видим, что время выполнения задачи алгоритма динамического программирования зависит от $N \times C$, а время выполнения задачи алгоритма динамического программирования со списками зависит от сложности задачи. В работе реализованы оба варианта алгоритма динамического программирования и проведено экспериментальное сравнение алгоритмов. Результаты сравнения подтверждают более высокую эффективность метода динамического программирования со списком по сравнению с табличным.

Литература:

1. С.А.Лупин, М.А.Посыпкин. Технологии параллельного программирования.
2. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы.
3. Kellerer H., Pfershy U., Pisinger D. Knapsack Problems.–Springer Verlag, 2004–546 p.

**СЕКЦИЯ 9. ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Сухомлин В.А.¹, Давлеткиреева Л.З.²

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова, заведующий лабораторией открытых информационных технологий факультета ВМК, профессор, д.т.н., sukhomlin@mail.ru

² ФГБОУ «Магнитогорский государственный университет», заместитель декана по научной работе факультета информатики, к.п.н., доцент кафедры ИС, ldavletkireeva@masu-inform.ru

Обзор трудов III Международной Интернет-конференции «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе IT-образования – 2013»

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационно-педагогические технологии, образовательные технологии, IT-образование, Интернет-конференция.

АННОТАЦИЯ:

В статье сделан аналитический обзор статей, принятых оргкомитетом III Международной Интернет-конференции «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе IT-образования – 2013». Актуальность инновационных информационно-педагогических технологий рассматривается посредством поддержки и стимулирования педагогического творчества вузовских преподавателей и школьных учителей, аккумуляции и пропаганды лучшей педагогической практики в условиях информатизации общества и системы образования.

Современный этап развития общества ставит перед российской системой образования целый ряд принципиально новых проблем, обусловленных политическими, социально-экономическими, мировоззренческими и другими факторами, среди которых следует выделить необходимость повышения качества и доступности образования.

Одним из эффективных путей решения этих проблем является информатизация образования. Совершенствование технических средств коммуникаций привело к значительному прогрессу в информационном обмене. Появление новых информационных технологий, связанных с развитием компьютерных средств и сетей телекоммуникаций, дало возможность создать качественно новую информационно-образовательную среду как основу для развития и совершенствования системы образования.

Задачей технологии как науки является выявление совокупности закономерностей с целью определения и использования на практике наиболее эффективных, последовательных образовательных действий,

требующих меньших затрат времени, материальных и интеллектуальных ресурсов для достижения какого-либо результата.

Инновации (англ. Innovation — нововведение) — внедрение новых форм, способов и умений в сфере обучения, образования и науки. В принципе, любое социально-экономическое нововведение, пока оно еще не получило массового, т.е. серийного распространения, можно считать инновациями.

Специфика образования в начале третьего тысячелетия предъявляет особые требования к использованию разнообразных технологий, поскольку их продукт направлен на живых людей, а степень формализации и алгоритмизации технологических образовательных операций вряд ли когда-либо будет сопоставима с промышленным производством. В связи с этим наряду с технологизацией образовательной деятельности столь же неизбежен процесс ее гуманизации, что сейчас находит все более широкое распространение в рамках личностно—деятельностного подхода. Глубинные процессы, происходящие в системе образования и в нашей стране, и за рубежом, ведут к формированию новой идеологии и методологии образования как идеологии и методологии инновационного образования. Инновационные технологии обучения следует рассматривать как инструмент, с помощью которого новая образовательная парадигма может быть претворена в жизнь.

Главной целью инновационных технологий образования является подготовка человека к жизни в постоянно меняющемся мире. Сущность такого обучения состоит в ориентации учебного процесса на потенциальные возможности человека и их реализацию. Образование должно развивать механизмы инновационной деятельности, находить творческие способы решения жизненно важных проблем, способствовать превращению творчества в норму и форму существования человека.

Целью инновационной деятельности является качественное изменение личности учащегося по сравнению с традиционной системой. Это становится возможным благодаря внедрению в профессиональную деятельность не известных практике дидактических и воспитательных программ, позволяющих снятие педагогического кризиса. Развитие умения мотивировать действия, самостоятельно ориентироваться в получаемой информации, формирование творческого нешаблонного мышления, развитие детей за счет максимального раскрытия их природных способностей, используя новейшие достижения науки и практики, — основные цели инновационной деятельности. Инновационная деятельность в образовании как социально значимой практике, направленной на нравственное самосовершенствование человека, важна тем, что способна обеспечивать преобразование всех существующих типов практик в обществе.

Учитывая переход к глобальному информативному обществу и становлению знаний, об адекватности образования социально-

экономическим потребностям настоящего и будущего можно говорить лишь в том случае, если его модернизация будет основываться не только и не столько на организационных нововведениях, сколько на изменениях по существу – в содержании и технологиях подготовки кадров и подготовке научных исследований. Как социальный институт, воспроизводящий интеллектуальный потенциал страны, образование должно обладать способностью к опережающему развитию, отвечать интересам общества, конкретной личности и потенциального работодателя.

Использование информационно-коммуникационных технологий дает возможность значительно ускорить процесс поиска и передачи информации, преобразовать характер умственной деятельности, автоматизировать человеческий труд. Доказано, что уровень развития и внедрения информационно-коммуникационных технологий в производственную деятельность определяет успех любой фирмы. Основой информационно-коммуникационных технологий являются информационно-телекоммуникационные системы, построенные на компьютерных средствах и представляющие собой информационные ресурсы и аппаратно-программные средства, обеспечивающие хранение, обработку и передачу информации на расстояние.

Развитие — неотъемлемая часть любой человеческой деятельности. Накапливая опыт, совершенствуя способы, методы действий, расширяя свои умственные возможности, человек тем самым постоянно развивается.

Этот же процесс применим к любой человеческой деятельности, в том числе и педагогической. На разных стадиях своего развития общество предъявляло всё более новые стандарты, требования к рабочей силе. Это обусловило необходимость развития системы образования. Одним из средств такого развития являются инновационные технологии, т.е. это принципиально новые способы, методы взаимодействия преподавателей и учащихся, обеспечивающие эффективное достижение результата педагогической деятельности.

Проблемой инновационных технологий занималось и продолжает заниматься большое число талантливых ученых и педагогов. Все они внесли неоценимый вклад в развитие инновационных процессов в России. Научные инновации, продвигающие вперед прогресс, охватывают все области человеческих знаний. Различают социально-экономические, организационно-управленческие, технико-технологические инновации. Одной из разновидностей социальных инноваций являются педагогические инновации.

Педагогическая инновация — это нововведение в области педагогики, целенаправленное прогрессивное изменение, вносящее в образовательную среду стабильные элементы (новшества), улучшающие характеристики, как отдельных ее компонентов, так и самой образовательной системы в целом.

Педагогические инновации могут осуществляться как за счет собственных ресурсов образовательной системы (интенсивный путь развития), так и за счет привлечения дополнительных мощностей новых средств, оборудования, технологий, капитальных вложений и т. п.

Соединение интенсивного и экстенсивного путей развития педагогических систем позволяет осуществлять так называемые «интегрированные инновации», которые строятся на стыке разноплановых, разноуровневых педагогических подсистем и их компонентов. Интегрированные инновации, как правило, не выглядят надуманными, чисто «внешними» мероприятиями, но являются осознанными преобразованиями, происходящими из глубинных потребностей и знания системы. Подкрепив «узкие» места новейшими технологиями, можно повысить общую эффективность педагогической системы.

Основными направлениями и объектами инновационных преобразований в педагогике являются:

- 1) разработка концепций и стратегий развития образования и образовательных учреждений;
- 2) обновление содержания образования;
- 3) изменение и разработка новых технологий обучения и воспитания;
- 4) совершенствование управления образовательными учреждениями и системой образования в целом;
- 5) улучшение подготовки педагогических кадров и повышения их квалификации;
- 6) проектирование новых моделей образовательного процесса;
- 7) обеспечение психологической, экологической безопасности учащихся, разработка здоровьесберегающих технологий обучения;
- 8) обеспечение успешности обучения и воспитания, мониторинг образовательного процесса и развития учащихся;
- 9) разработка учебников и учебных пособий нового поколения и др.

Инновации могут осуществляться на различных уровнях. К высшему уровню относятся инновации, затрагивающие всю педагогическую систему.

Прогрессивные нововведения возникают на научной основе и способствуют продвижению практики вперед. В педагогической науке возникло принципиально новое и важное направление — теория новаций и инновационных процессов. Реформы в образовании представляют собой систему нововведений, направленных на коренное преобразование и улучшение функционирования, развития и саморазвития образовательных учреждений и системы управления ими.

Компьютерные технологии обучения — это процессы сбора, переработки, хранения и передачи информации обучаемому посредством компьютера. К настоящему времени наибольшее распространение получили такие технологические направления, в которых компьютер является:

- средством для предоставления учебного материала учащимся с целью передачи знаний;
- средством информационной поддержки учебных процессов как дополнительный источник информации;
- средством для определения уровня знаний и контроля за усвоением учебного материала;
- универсальным тренажером для приобретения навыков практического применения знаний;
- средством для проведения учебных экспериментов и деловых игр по предмету изучения;
- одним из важнейших элементов в будущей профессиональной деятельности обучаемого.

Инновационные технологии обучения, отражающие суть будущей профессии, формируют профессиональные качества специалиста, являются своеобразным полигоном, на котором учащиеся могут отработать профессиональные навыки в условиях, приближенных к реальным.

Одной из форм обмена опытом между образовательными учреждениями стала ежегодная международная Интернет-конференция «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе ИТ-образования».

Цель конференции-конкурса – поддержка и стимулирование педагогического творчества вузовских преподавателей и школьных учителей, аккумуляция и пропаганда лучшей педагогической практики в условиях информатизации общества и системы образования.

Главной задачей проекта является создание постоянно действующей профессионально – ориентированной информационной технологии для формирования и развития общедоступной электронной библиотеки лучшей преподавательской практики и инновационных педагогических решений, использующих новые информационные технологии в образовании.

Регистрация участников конференции-конкурса и загрузка их работ в информационную базу материалов конференции осуществляется через сайт конференции, размещенный по адресу – <http://ip2013.it-edu.ru>. Конкурсные работы принимались до 10 октября 2013 г.

Характерной особенностью данной конференции – конкурса является ориентированность на высокотехнологичные решения и упрощенный формат представления материала, не требующий доведение его до статейного уровня.

Тематические направления конференции:

Секция 1. Теоретические и учебно-методические решения в непрерывном образовании (включая школьное, среднее профессиональное, высшее профессиональное, дополнительное ИТ – образования, самообразование).

Секция 2. ИП – технологии в системе ИТ – образования (развитие профессиональных ИТ – компетенций).

Секция 3. ИП – технологии в предметных областях.

Рассмотрим более подробно работы секции 1, посвященной теоретическим и учебно-методическим решениям в непрерывном образовании. На секции представлено более 30 докладов, включая школьное, среднее профессиональное, высшее профессиональное, дополнительное ИТ – образования, самообразование.

В докладах описываются автоматизированные системы, которые можно использовать на всех ступенях образования, начиная школьной ступенью и заканчивая самообразованием. Примеры докладов:

Теоретические и учебно-методические решения в непрерывном образовании			
1	Краев Андрей Владимирович	Видеоурок по теме "Построение фазовых портретов в Simulink"	Теоретический материал по нестандартной технологии построения фазовых портретов динамических систем в среде Matlab-Simulink был представлен студентам для заочного ознакомления в виде видеоурока
2	Бессонов Леонид Валентинович	Медиалогия как форма междисциплинарной подготовки специалистов в сфере ИТ	Работа посвящена обобщению опыта Саратовского государственного университета и университета Ольборга (Дания) в области междисциплинарной подготовки специалистов в сфере ИТ на примере образовательной программы "Медиалогия"
3	Михайлов Сергей Николаевич	Технологии обучения естественной русской речи с использованием компьютерной коммуникативной среды	В предлагаемом методическом пособии представлена модель построения учебных занятий по овладению учащимися естественной речью изучаемого языка в поликультурной среде
4	Ефремова Ирина Владимировна	Открытая информационно-образовательная среда	В статье показана важность создания и развития единого открытого образовательного пространства учреждения, которое содержит ресурсы и инструменты обеспечения оптимизации процессов обучения и воспитания
5	Нестеренко Екатерина Сергеевна	Методические рекомендации по работе с программой Hot Potatoes	В работе описаны основные инструменты и приемы работы с программой Hot Potatoes
6	Дымина Варвара Владимировна	Конспект урока_Пакетные файлы	Представлен конспект урока на тему «Пакетные файлы» по учебной дисциплине "Операционные системы и среды"

7	Клименко Елена Васильевна	Образовательный сайт для дистанционного обучения магистров	В проекте представлен цифровой образовательный ресурс – динамический сайт «Информационные технологии в профессиональной деятельности», расположенный в сети Интернет в свободном доступе
8	Филиппович Андрей Юрьевич	Тематический научно-образовательный интернет-кластер в области компьютерной лингвистики, искусственного интеллекта и мультимедиа-технологий	Для методической поддержки читаемых в вузе дисциплин и связанной с ними научно-исследовательской и проектной деятельности шесть лет назад была разработана и с тех пор постоянно совершенствуется оригинальная образовательная технология (методология) создания и ведения научно-образовательной среды в области компьютерной лингвистики, искусственного интеллекта и мультимедиа-технологий
9	Алешкина Ольга Владимировна	Создание электронного учебного пособия по компьютерной графике на Visual Basic	Данное электронное учебное пособие используется для обучения учеников 9-х классов факультативному курсу «Компьютерная графика»
10	Кречетников Константин Геннадьевич	Методика использования информационно-педагогических технологий	Рассматриваются особенности применения информационно-педагогических технологий в образовательной среде вуза: случаи, когда наиболее целесообразно или наоборот нежелательно использовать данные технологии, а также вопросы распределения функций между преподавателем и информационно-педагогическими технологиями
11	Абарихин Николай Павлович. Гавшин Виктор Васильевич. Буравлева Екатерина Владимировна	Разработка учебно-методических пособий "Чертежи деталей машин и приборов", "Основы выполнения и чтения технических чертежей"	Освоение теоретического материала и выполнение практических заданий, особенно по дисциплине «Инженерная графика», связано у многих студентов, при работе с чертежами сборочных единиц промышленных изделий, с трудностями в определении геометрии (формы) деталей.
12	Борискина Юлия Марковна	Вопрос эффективности использования поисковых ресурсов Интернет в образовательной	В статье систематизирована информация, касающаяся оптимального алгоритма эффективного поиска информации в сети Интернет. Проведен

		практике	сравнительный анализ различных поисковых систем, описана специфика и даны рекомендации в каком случае рациональней пользоваться тем или иным ресурсом
13	Бубенцева Наталья Александровна	Опорный конспект по информатике для 5 класса	Опорный конспект по информатике для 5 класса содержит теоретический материал и практические задания по основным темам информатике, изучаемым в 5 классе в МАОУ гимназия № 2 имени А.П. Чехова г. Таганрога
14	Грищенкова Галина Александровна	Учет результатов выполнения самостоятельной работы	Приведено описание уникальной конфигурации «Журнал учета самостоятельной работы», разработанной с целью автоматизации планирования самостоятельной работы по дисциплинам и учета результатов ее выполнения обучающимися
15	Сидоренко Оксана Сергеевна	Основы обучения в современной информационно - образовательной среде	Статья посвящена теоретическим вопросам и проблемам внедрения и освоения элементов медиадидактики как актуального направления в условиях современной информационно - образовательной среды учреждения
16	Ульченко Екатерина Николаевна	Разработка интерактивных мультимедийных ресурсов при помощи социальных сервисов сети Интернет	Рассматриваются социальные сервисы интернета, позволяющие создавать сетевой контент «с нуля». Приводятся аннотации сервисов создания презентаций, лент времени, постеров и карт знаний. подробно раскрываются способы использования основных сервисов указанных категорий
17	Курзаева Любовь Викторовна	Базовый инструментарий разработки основных образовательных программ в парадигме компетентностного подхода (на примере информационных систем)	В статье приводится анализ принципиальных отличий действующих федеральных государственных образовательных стандартов ВПО от стандартов первого и второго поколения, а также особенности разработки образовательных программ на основе данных стандартов. Представлен обзор требований международных образовательных стандартов к профилю информационных системы, рассмотрен такой инструмент

			компетентностного подхода, как рамка квалификаций
18	Кузенкова Галина Владимировна	Электронный учебный материал в виде презентации лекции для самостоятельной работы	В работе рассматривается процесс создания презентаций лекций с применением программы MS PowerPoint и iSpring Pro
19	Блохин Константин Александрович	Использование ментальных карт при проектировании современного образовательного курса	Об использовании технологии "ментальные карты" в процессе преподавания учебных дисциплин и профессиональные программные средства для визуализации мышления
20	Моисеева Надежда Николаевна	Разработка сайтов как решение профессиональной и социальной ориентации учащегося и студента	Учебно-методическая разработка предназначена для обучения учащихся старших классов школ, студентов и включает в себя следующие разделы: основы разработки сайтов на HTML, расширенные возможности языка HTML, разработка скриптов на VBScript
21	Баранова Елена Константиновна	Информационная безопасность	Лабораторный практикум Информационная безопасность с CD включает 12 лабораторных работ посвященных изучению вопросов шифрования и эффективного кодирования информации
22	Грищенкова Галина Александровна	Разработка и использование информационной системы «Электронное портфолио преподавателя»	Приведено описание уникальной конфигурации «Электронное портфолио преподавателя», разработанной и используемой в ГОУ СПО ЮТМИИТ с целью автоматизации учета «достижений» преподавателя образовательного учреждения в учебных и неучебных видах деятельности

Секция 2 представляет собой ИП – технологии в системе ИТ – образования. Авторами представлено более 50 докладов, которые характеризуют развитие профессиональных ИТ – компетенций. Наиболее яркие примеры таких докладов:

ИПТ в ИТ-образовании			
1	Краев Андрей Владимирович	Учебно-аттестационный комплекс «Электронный балл»	Учебно-методическое пособие по использованию учебно-аттестационного комплекса на основе Интернет-технологий в образовательном процессе
2	Ахметшин Алексей Фаритович	Оптимизация хранения УМК	Приложение предназначено для организации хранения учебно-методических комплексов с целью сокращения временных затрат и

			повышения качества преподавания
3	Селетков Илья Павлович	Нечёткий алгоритм для многофакторной оценки рейтинга студента	Рассматривается матричная реализация алгоритмов нечеткого вывода, позволяющая свести применение правил modus ponens к решению линейных алгебраических уравнений с обычными условиями существования решения
4	Лепихин Тимур Андреевич	Использование мобильных роботов в учебном процессе	В статье идет речь о применении современных мобильных роботов в качестве лабораторных устройств в учебном процессе
5	Журова Лариса Борисовна	Проектирование АСУТП на базе SCADA – системы TRACE MODE в рамках курсового и дипломного проектирования	В статье представлен анализ применения шахтного оборудования в реальном времени на базе Scada – системы Trace Mode
6	Фролов Александр Борисович	Дистанционный электронный образовательный ресурс «Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ»	Обеспечивает удаленный доступ к алгебраическим библиотекам, в частности к алгебраической библиотеке MPEI AAL, при вычислениях в различных числовых, полиномиальных и эллиптических структурах по составляемым с подсказками алгебраического процессора программам или по готовым программам из лабораторного практикума
7	Кирдяшева Лия Шамильевна	Электронное пособие по дисциплине «Информатика» для групп направлений бакалавриата	Разработано электронное пособие по дисциплине «Информатика» для групп направлений бакалавриата, в связи с тем, что в ФГОС ВПО по многим направлениям бакалавриата содержатся схожие компетенции, связанные с информационными технологиями
8	Пономарева Юлия Сергеевна	Разработка комплекта электронных учебных материалов к уроку на базе вики-портала сообщества учащихся и учителей	Рассмотрены вопросы разработки комплекта электронных учебных материалов на базе вики-портала сообщества учащихся и учителей. Каждый раздел издания посвящен конкретному виду учебных материалов, содержит вводную информацию, постановку задания, пояснительный материал, рекомендации по проведению занятий и дополнительные вопросы
9	Сергеев Алексей Николаевич	Построение Windows-сетей: презентации для курса лекций	В работе предлагается набор презентаций для курса лекций по дисциплине "Построение Windows-сетей" (подготовка будущих учителей информатики)
10	Бакулева Марина	Разработка и	Описывается успешная практика

	Алексеевна	внедрение открытого программного обеспечения для создания электронных образовательных ресурсов	одновременного использования разработанной компьютерной учебной программы и свободно распространяемого средства видеозаписи экрана, позволяющая оптимизировать (распараллеливать) деятельности преподавателя
11	Губина Татьяна Николаевна	Пакет офисных приложений LibreOffice: задания для самостоятельной работы	Предлагается учебно-методическое пособие для организации самостоятельной работы студентов при изучении свободно распространяемого офисного пакета LibreOffice (OpenOffice.org)
12	Якупова Марина Мансуровна	Перспективы использования компьютерного моделирования и спутниковых Интернет технологий в общеобразовательном процессе	Основу спутниковых интернет-технологий составляет спутниковая интернет-платформа. Главной целью внедрения СИП является удовлетворение образовательных потребностей учащихся. Достижение поставленной цели осуществляется на основе передовых педагогических и информационно-коммуникационных технологий
13	Торгашин Геннадий Владимирович	Набор заданий для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Операционные системы и среды»	В работе представлен комплект заданий для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Операционные системы» для специальности «Компьютерные системы и комплексы»

Секция 3 представляет ИП – технологии в предметных областях. Авторами представлено более 100 докладов. Примеры докладов:

ИПТ в предметных областях			
1	Краев Андрей Владимирович	Матлаб для студентов	Электронное учебно-методическое пособие по курсу "Современные компьютерные технологии в теории управления и оптимизации"
2	Бабаев Александр Александрович	Опыт участия в конкурсе мегагрантов СПбГУ	Рассматривается система организации конкурса заявок на создание научно-исследовательских лабораторий под руководством ведущих ученых. В качестве примера оформления заявки на мегагрант взята заявка от коллектива кафедры информационных систем в экономике экономического факультета СПбГУ
3	Андрющенко Марина Вячеславовна	Электронная поддержка темы «Уравнения гиперболического типа»	Электронная поддержка темы «Уравнения гиперболического типа» поможет студенту ознакомиться с основными понятиями, освоить методы и способы решения уравнений

			указанного типа.
4	Журова Лариса Борисовна	Разработка виртуальной модели микропроцессорной системы мониторинга и управления техническими системами	Микропроцессорная система мониторинга технологических параметров и управления работой отдельных узлов проходческого комбайна "Ковчег" разработана на базе микроконтроллеров семейства AVR, программирование которых выполнено на языке Си, отладка программ осуществлена в режиме эмуляции в среде Flow Code. Разработка виртуальных моделей и отладка аппаратно-программного комплекса выполнена в среде Proteus VSM
5	Шаромов Юрий Юрьевич	Интерактивный многоуровневый тест по физике на языке программирования C#, 10 класс	Интерактивный многоуровневый тест по физике на языке программирования C# для 10 класса, который позволяет проверять знания учащихся и хранить результаты тестирования в электронном виде
6	Новожилов Василий Павлович	Методический комплекс для дистанционного обучения физике в старших классах общеобразовательной средней школы	Комплекс включает в себя компьютерные программы «Конструктор обучающих диалоговых систем «LEBI» и интерактивный электронный учебник-задачник «Физика в диалоге с компьютером «PhysCoD»
8	Ченцова Елена Викторовна	Презентация к лекции по дисциплине «Введение в электрохимическую технологию» по теме «История развития науки «Электрохимия» для студентов 1 курса	Лекционный материал предназначен для учащихся 1 курса (1 семестр), направлен на получение учащимися знаний об изучаемом направлении подготовки в ВУЗе, значимости будущей профессии в научном и прикладном отношении
9	Кречетников Константин Геннадьевич	Постановка учебных целей при разработке информационно-педагогических технологий	Рассматриваются вопросы целеобразования при разработке информационно-педагогических технологий
10	Кречетников Константин Геннадьевич	Проектирование образовательных ресурсов для информационно-педагогических технологий	Рассматриваются основные принципы, пути, отправные моменты формирования содержания образования в условиях широкого использования информационно-педагогических технологий. Акцент сделан на обеспечение наполнения образовательной среды,

			способствующего самодетерминации, самоактуализации и саморазвитию обучающихся
11	Нарышкин ДГ	Интерактивный сетевой справочник физико-химических величин	Методы равновесной термодинамики используются для исследования свойств термодинамических систем и моделирования физико-химических процессов.
12	Андрющенко Марина Вячеславовна	Электронная поддержка темы «Уравнения гиперболического типа»	Тема «Уравнения гиперболического типа» рассматривается при изучении дисциплины «Уравнения математической физики».
13	Буркова Елена Александровна	Методическая разработка занятия по дисциплине «Инженерная графика». Тема занятия «Моделирование тел вращения в Компас-3D»	Рассматривается, возможность использования системы САПР, а именно программы КОМПАС – 3D, для моделирования тел вращения. Рассказывается о преимуществах трехмерного моделирования и о различных способах построения валов.
14	Сидоренко Оксана Сергеевна	Урок - сотворчество "Кодирование графики в компьютере"	План-конспект урока – победителя на краевом конкурсе педагогического мастерства среди студентов педагогических колледжей
15	Тихонова Лилия Михайловна	Международная интернет-олимпиада по латинскому языку и основам медицинской терминологии	Представлен анализ работы Всероссийской учебно-научно-методической конференции заведующих кафедрами и курсами латинского языка и основ терминологии медицинских и фармацевтических вузов
16	Фролова Наталья Хайдаровна	Особенности тестирования в системе LMS	Презентация посвящена краткому описанию возможностей образовательной среды LMS E FRONT, краткой характеристике тест мастера, особенностям применения тестирования в процессе обучения иностранным языкам в вузе
17	Ширинская Любовь Анатольевна	Интерактивные, информационно-коммуникационные технологии в преподавании географии	Современные интерактивные, информационно коммуникативные технологии все более активно вторгаются в процесс обучения как детей и подростков, так и взрослых
18	Вольхин Константин Анатольевич	Резьбовые соединения деталей	Электронное учебное пособие предназначено для самостоятельного изучения темы "Резьбовое соединение деталей" общепрофессиональной дисциплины "Инженерная графика"

			студентами направлений 270800.62 "Строительство", 270100.62 "Архитектура" и 221700.62 "Стандартизация и метрология"
19	Михайлова Валентина Михайловна	Разработка урока по алгебре (7 класс) в спортивном классе на тему "Действия с многочленами. решение задач с практической направленностью"	Данная разработка урока будет полезна для учителей математики, работающих в спортивных классах. В ходе урока учащиеся закрепляют правила раскрытия скобок, приведения подобных слагаемых, сложения и вычитания многочленов, умножения многочленов, умения применять формулы при решении задач, а так же вычислительные навыки, отрабатывают алгоритм решения задач с помощью уравнений
20	Виноградова Людмила Сергеевна	Цифровой образовательный ресурс «Беспроводные технологии передачи данных»	В настоящее время появилась потребность расширить знания учащихся по такому направлению в курсе информатики, как беспроводные технологии передачи информации
21	Алферьева Мария Константиновна	План-конспект урока информатики в 7 классе на тему «Персональный компьютер как система»	Урок с использованием социальных сервисов Web2.0

Кроме того были представлены статьи секции 9 — «Инновационные информационные педагогические технологии» VIII Международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Авторами было представлено более 40 научных статей.

Основным критерием будут выступать схожие цели и направления статей:

- методика использования информационно-педагогических технологий;
- инновационные составляющие в педагогической деятельности преподавателя;
- разработки электронных образовательных ресурсов;
- анализ педагогической деятельности.

Инновационные составляющие в педагогической деятельности преподавателя			
1	Бабаев А. А. Санкт-Петербургский государственный университет	Инновационные составляющие в педагогической деятельности	Рассматривается опыт работы кафедры информационных систем в экономике, которая является выпускающей по специальности «Прикладная

		преподавателя	информатика в экономике» (ПИЭ) и обеспечивающей по всем другим специальностям факультета
2	Бобонова Е.Н. Воронежский государственный педагогический университет	Инновационно-педагогические технологии преподавания математики в педагогическом вузе	Статья посвящена инновационным образовательным задачам педагогического вуза, анализу целесообразности использования ИКТ в учебном процессе, дидактическим возможностям компьютера, эффективности обучения математике с применением компьютерной техники, роли электронных учебников
3	Борискина Ю.М. Московский Институт Открытого Образования	Ментальные карты как современная информационно-педагогическая технология в системе образования	Развитие цифровых ресурсов оказывает значительное влияние как на систему образования, так и на педагогические технологии, преобразуя и видоизменяя формы, методы и традиционные методики обучения по всем предметам
Разработки электронных образовательных ресурсов			
4	Булгаков И.Е., учитель русского языка и литературы ГБОУ СОШ № 1360 г. Москвы Соснина Л.В., учитель русского языка и литературы МБОУ «Чекменёвская ООШ»	Разработка электронных образовательных ресурсов и их применение на уроках литературы	Авторами статьи создано более 100 инсталляций под общим названием «Видеоантология русской поэзии», разрабатываются и другие формы
Анализ педагогической деятельности			
5	Чиркова Л.Н. ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»	Проектирование модели развития ИКТ-компетентности педагогов	В статье рассматривается проблема формирования и развития ИКТ-компетентности сотрудников общеобразовательных учреждений с тесной связью с аттестацией педагогов
6	Фатеева К.С. ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»	Организация образовательного процесса обучения людей пенсионного возраста информационным технологиям	В данной статье представлен опыт организации процесса обучения пожилых людей информационным технологиям
7	Галимов И.А. ГУП Центр ИКТ РБ	Проблемы дистанционного	Статья посвящена актуальным проблемам подготовки

	Уразаева Л.Ю. Нижевартковский государственный университет Уразаева Н.Ю. Уфимский институт (филиал) Российского государственного торгово- экономического университета	тьюторства как вида деятельности на рынке труда	преподавателей к тьюторской деятельности в свете потребностей рынка труда. Определяются основные требования к менеджменту тьюторской деятельности с использованием ИКТ
8	Головачев Г.М. Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения Смирнов А.О. Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения	Анализ результатов контрольных работ и тренировочных заданий, выполненных в системе MOODLE	Приводятся количественные и качественные данные, характеризующие работу студентов в системе Moodle. Показано, что проведение контрольных работ и организация обучения в интерактивной форме могут рассматриваться как средство решения методических задач, возникающих при обучении студентов высшей математике.
Методика использования информационно-педагогических технологий			
9	Худякова А.В. Пермский государственный гуманитарно- педагогический университет (ПГГПУ)	Цифровые лаборатории как средство реализации требований нового ФГОС в основной школе	В современном школьном образовании при переходе на новый ФГОС большое внимание уделяется системно- деятельностному подходу к обучению
10	Ишакова Е.Н. Оренбургский государственный университет Сорокина Н.Н. Оренбургский государственный университет	Интеллектуальное управление рисками ИТ- образования	В статье предложена методика интеллектуального управления рисками ИТ-образования на основе сетей Кохонена. Представлена ментальная карта рисков ИТ- образования и алгоритм программной реализации сети Кохонена
11	Корчажкина О.М. НИИ столичного образования МГПУ	Концепция оценки метапредметных образовательных результатов методами нечёткого моделирования	В рамках компетентностного похода рассматривается понятие метапредметные компетенции как лингвистическая неопределённость
12	Кречетников К.Г. Дальневосточный федеральный университет	Проектирование образовательных ресурсов для информационно-	Рассматриваются основные принципы, пути, отправные моменты формирования содержания образования в

		педагогических технологий	условиях широкого использования информационно-педагогических технологий
13	Кречетников К.Г. Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	Методика использования информационно-педагогических технологий	Рассматриваются особенности применения информационно-педагогических технологий в образовательной среде вуза: случаи, когда наиболее целесообразно или наоборот нежелательно использовать данные технологии, а также вопросы распределения функций между преподавателем и информационно-педагогическими технологиями.
14	Кречетников К.Г. Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	Постановка учебных целей при разработке информационно-педагогических технологий	Качество информационно-педагогических технологий зависит от степени обоснованности при их проектировании трёх основных узлов: цели обучения; содержания обучения; принципов организации учебного процесса. Учебные цели являются исходным, системообразующим пунктом проектирования информационно-педагогических технологий
15	Новожилов В.П. АНО «Региональный научно-технологический парк «Удмуртия» Жданова Л.И. Ижевский государственный технический университет Галлямов С.Р. АНО «Региональный научно-технологический парк «Удмуртия»	Методический комплекс для дистанционного обучения физике в старших классах общеобразовательной средней школы	Комплекс включает в себя компьютерные программы «Конструктор обучающих диалоговых систем «LEBI» и интерактивный электронный учебник-задачник «Физика в диалоге с компьютером «PhysCoD». Конструктор предназначен для создания текстов урока и сценария урока
16	Нурбекова Ж.К. Абильдинова Г.М. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева	Контроль знаний обучающихся на основе экспертных систем	В данной статье рассматривается использование экспертных систем в образовании. Экспертные системы предназначены для проведения контроля знаний обучающихся, как один из эффективных средств повышения качества образования в целом
17	Ширинская Л.А. учитель географии Лицея №1	Интерактивные, информационно-коммуникационные	Сегодня новый образовательный стандарт нового поколения ставит перед каждым учителем, какой бы

	города Киселевска Кемеровской области	е технологии в преподавании географии	предмет он ни преподавал, задачи формирования нового человека, повышения его творческой активности
18	Софронова Н.В. ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева	Педагогические процессы как слабоструктурированные системы: возможности анализа и управления	Процессы в области образования относятся к классу слабоформализованных, слабоструктурированных задач с расплывчатыми ограничениями, неполными и нечеткими данными, сильно зависящими от изменений внешней среды и субъективных предпочтений лица, принимающего решение
19	Власов Д.А. Московский государственный гуманитарный университет им. М.А.Шолохова	Технологии WolframAlpha при изучении количественных методов студентами бакалавриата: опыт МГГУ им. М.А.Шолохова	Цель данной статьи – представление основных результатов исследования дидактических возможностей новых технологий WolframAlpha при изучении количественных методов студентами бакалавриата
20	Ярошевич О.В. НОЧУ СОШ «Премьерский лицей»	Использование технологии Microsoft Mouse Mischief для PowerPoint в урочной деятельности для повышения мотивации учащихся	Компания Microsoft предлагает различные ресурсы для изучения технологий в образовательной области. С инструментами Microsoft проводить уроки интереснее и эффективнее, а учителя и ученики могут установить эти инструменты на домашние компьютеры бесплатно
21	Жилинская Т.С, Белорусский государственный университет культуры и искусств	Методические аспекты формирования знаний и умений социальной коммуникации в электронной медиасреде при обучении ИТ: на примере специальности «Культурология»	Обоснован подход к обучению студентов гуманитарных специальностей применению информационных технологий, который предусматривает расширение и обновление содержания обучения за счет знаний и умений практических видов деятельности, характерных для конкретной гуманитарной специальности в условиях информационного общества и осуществляющихся на базе информационно-коммуникационных технологий
22	Бабенко В. В.	К вопросу об	В статье обсуждаются вопросы

	Сыктывкарский государственный университет	управлении качеством подготовки специалистов в системе высшего профессионального образования	построения системы оперативного управления качеством при подготовке специалистов в вузе
23	Майер Р.В. Глазовский государственный педагогический институт	Изучение метода больших частиц в вузе	Курс “Компьютерное моделирование” предполагает изучение основных методов моделирования физических систем. Это относится и к методу больших частиц, который является развитием метода молекулярной динамики
24	Мамараджабов М.Э. Туракулова А.И. Ташкентский государственный педагогический университет	Создание портфолио педагога в конструкторе «E-publish»	В настоящее время в образовании Республики Узбекистан идет процесс перехода к стандартам нового поколения, при этом определяется роль информатизации
25	Мартемьянов В.В. учитель географии высшей категории МБОУ «СОШ № 134»	«Некоторые возможности Macromedia Flash в компьютерном моделировании на уроках географии в школе»	В статье предложены требования к компьютерным программам в школьном моделировании, рассмотрены некоторые возможности Macromedia Flash на уроках географии в средней школе. Такие проблемно – деятельностные уроки наилучшим образом соответствуют новым требованиям Федерального Стандарта в образовании
26	Марценюк М.А. Поляков В.Б. Селетков И.П. Пермский государственный национальный исследовательский университет	Нечёткий алгоритм многофакторной оценки рейтинга студента	Рассматривается матричная реализация алгоритмов нечеткого вывода, позволяющая свести применение правил modus ponens к решению линейных алгебраических уравнений с обычными условиями существования решения
27	Нарышкин Д. Г. ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет «МЭИ»	Прогнозирование свойств физико-химических систем как элемент подготовки инженера-исследователя	В статье рассмотрены образовательные возможности современных информационных технологий поиска данных и средств компьютерной математики при формировании навыков исследовательской деятельности на примере прогнозирования неизвестных свойств веществ и

			систем при изучении курса "Физическая химия"
28	Тельной В.И. Рычкова А.В. Куткина Н.А. Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого	О применении современных информационных технологий При проведении занятий по компьютерной графике	Рассматриваются особенности преподавания раздела компьютерная инженерная графика дисциплины инженерная графика с использованием графического редактора «КОМПАС-3D» для формирования профессиональных качеств будущих военных специалистов
29	Кузнецов А.В. ООО "АГРОНЭТ" (agronetinfo.ru) Генеральный директор, zzuppo@gmail.com	«Система агрономического интернет-консультирования агронэт как решение проблемы сельского ИТ-образования».	Статья посвящена решению проблемы внедрения ИТ-технологий в сельское хозяйство на всей территории РФ.
30	Майер Р.В. Глазовский государственный педагогический институт, профессор кафедры физики и дидактики физики, robert.maier@mail.ru	Изучение метода больших частиц в вузе	Курс "Компьютерное моделирование" предполагает изучение основных методов моделирования физических систем. Это относится к методу больших частиц, который является развитием метода молекулярной динамики. Он состоит в замене тела совокупностью крупных шарообразных частиц, взаимодействующих и движущихся в соответствии с законами классической механики.
31	Мамараджабов М.Э. Туракулова А.И. Ташкентский государственный педагогический университет, Республика Узбекистан	Создание портфолио педагога в конструкторе «E-publish»	В настоящее время в образовании Республики Узбекистан идет процесс перехода к стандартам нового поколения, при этом определяется роль информатизации.
32	Бакулева М.А. к.т.н., зав. каф. Информационных технологий Рязанского филиала Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ)	Современные информационные технологии в интерактивных лекциях по теории графов	В докладе рассматривается успешная практика внедрения в учебный процесс современных программных и аппаратных средств для увеличения степени интерактивности лекционных занятий.

	marina.bakuleva@gmail.com Бакулев А.В. к.т.н., доцент каф. САПР ВС Рязанского государственного радиотехнического университета (РГРТУ) alex.bakulev@gmail.com		
33	Мартемьянов В.В. МБОУ «СОШ № 134» г. Пермь, учитель географии высшей категории, wstalker1@yandex.ru	«Некоторые возможности Macromedia Flash в компьютерном моделировании на уроках географии в школе»	В статье предложены требования к компьютерным программам в школьном моделировании, рассмотрены некоторые возможности Macromedia Flash (на примерах авторских программ) на уроках географии в средней школе. Такие проблемно – деятельностные уроки наилучшим образом соответствуют новым требованиям Федерального Стандарта в образовании.
34	Марценюк М.А. Поляков В.Б. Селетков И.П. Пермский государственный национальный исследовательский университет, mrcn@psu.ru polyakov@mpm.ru iseletkov@gmail.com	Нечёткий алгоритм многофакторной оценки рейтинга студента	Рассматривается матричная реализация алгоритмов нечеткого вывода, позволяющая свести применение правил modus ponens к решению линейных алгебраических уравнений с обычными условиями существования решения. Приводится сравнение реализаций классического и предлагаемого подходов на микропроцессорной системе.
35	Момотов А.М. учебный центр «Интеграл класс», г. Волгоград, руководитель, mmtv68@live.ru Момотова Г.В. учебный центр «Интеграл класс», г. Волгоград, коммерческий директор, преподаватель информатики, МОУ СОШ №85 Дзержинского района г. Волгограда, учитель математики и информатики, momotova_gala@mail.ru	Простые и эффективные решения. Облачное хранилище данных как важный элемент индивидуальной информационной среды педагога.	Одним из противоречий информатизации современного Российского образования является то, что компетенция участников образовательного процесса, будь то учитель, ученик или руководитель, не всегда соответствует уровню сложности информационной системы образовательного учреждения.

36	Нарышкин Д. Г. ФГБОУ ВПО Национальный исследовательский университет «МЭИ», доцент, NaryshkinDG@mpei.ru	Прогнозирование свойств физико- химических систем как элемент подготовки инженера- исследователя	В статье рассмотрены образовательные возможности современных информационных технологий поиска данных и средств компьютерной математики при формировании навыков исследовательской деятельности на примере прогнозирования неизвестных свойств веществ и систем при изучении курса "Физическая химия" – фундаментальной естественнонаучной дисциплины классического химического и инженерно-технического образования.
37	Никитина Ю.И. г. Казань	Инновационные технологии формирования политехнической компетентности врача в процессе изучения интегрированной дисциплины «физика, математика»	В статье рассматриваются инновационные технологии формирования политехнической компетентности врача и алгоритм проектирования содержания дисциплины «физика, математика», как средства ее формирования.
38	Тельной В.И. Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого (ВА РВСН им. П. Великого), доцент кафедры, tv_i_007@mail.ru Рычкова А.В. Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого (ВА РВСН им. П. Великого), доцент кафедры, angel_rych@mail.ru Куткина Н.А. Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого (ВА РВСН им. П.	О применении современных информационных технологий При проведении занятий по компьютерной графике	Рассматриваются особенности преподавания раздела компьютерная инженерная графика дисциплины инженерная графика с использованием графического редактора «КОМПАС-3D» для формирования профессиональных качеств будущих военных специалистов и их готовности к самостоятельной работе по выполнению и оформлению конструкторских документов.

	Великого), старший преподаватель кафедры, Kutkina.nina@mail.ru		
39	Цветкова А.Л. Методический центр Северо-Западного окружного управления образования Департамента образования города Москвы	Создание электронной библиотеки школы как условие современного информационного обеспечения образовательного процесса	Электронная библиотека школы, являясь необходимой составляющей информационно-образовательной среды, позволит организовать качественное информационное обеспечение образовательного процесса

Таким образом, анализ многочисленных статей, представленных на сайте конференции показал, что на современном этапе во многих учебных заведениях разрабатываются и используются как отдельные программные продукты учебного назначения, так и автоматизированные обучающие системы (АОС) по различным учебным дисциплинам.

С появлением компьютерных систем в сфере образования открылись новые возможности. Прежде всего, это доступность диалогового общения в так называемых интерактивных программах. Кроме того, стало осуществимым широкое использование графики (рисунков, схем, диаграмм, чертежей, карт, фотографий). Применение графических иллюстраций в учебных компьютерных системах позволяет на новом уровне передавать информацию обучаемому и улучшить ее понимание.

Возросшая производительность персональных компьютеров сделала возможным достаточно широкое применение технологий мультимедиа. Современное обучение уже трудно представить без этих технологий, которые позволяют расширить области применения компьютеров в учебном процессе.

Автоматизированные обучающие системы, построенные на основе гипертекстовой технологии, обеспечивают обучаемость не только благодаря наглядности представляемой информации. Использование динамического, т. е. изменяющегося, гипертекста позволяет провести диагностику обучаемого, а затем автоматически выбрать один из возможных уровней изучения одной и той же темы. Гипертекстовые обучающие системы представляют информацию так, что и сам обучаемый, следуя графическим или текстовым ссылкам, может использовать различные схемы работы с материалом.

Применение компьютерных технологий в системе образования способствует реализации множества педагогических целей: развитие личности обучаемого, подготовка к самостоятельной продуктивной профессиональной деятельности; реализация социального заказа, обусловленного потребностями современного общества; интенсификация образовательного процесса в профессиональной школе.

Статья публикуется при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта проведения научного исследования по теме: «Разработка и апробация модели подготовки научно-педагогических кадров к обеспечению информационной безопасности в ИКТ-насыщенной среде», № 11-06-01006а.

Литература

1. Алексеева Л.Н. Инновационные технологии как ресурс эксперимента/ Л. Н. Алексеева// Учитель. - 2010. - № 3. - с. 78.
2. Бычков А. В. Инновационная культура/ А. В. Бычков// Профильная школа. – 2009. - № 6. - с. 83.
3. Дебердеева, Т. Х. Новые ценности образования в условиях информационного общества/ Т. Х. Дебердеева// Инновации в образовании. - 2012. - № 3. – с. 79.
4. Кваша В.П. управление инновационными процессами в образовании. Дис. канд. пед. наук. М., 2011. – 345с.
5. Клименко Т.К. Инновационное образование как фактор становления будущего учителя. Автореф. Дис. Хабаровск, 2010. – 289с.
6. Сластенин В.А., Подымова Л.С. Педагогика: инновационная деятельность М.: ИЧП «Издательство Магистр», 2012. – 456 с.
7. Сластенин В.А. и др. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Сластенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов; Под ред. В.А. Сластенина. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 576 с.

**СЕКЦИЯ 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ
УПРАВЛЕНИЯ**

Веремей Е.И.¹, Еремеев В.В.²

¹ СПбГУ, зав. кафедрой, профессор факультета ПМ-ПУ, e_veremey@mail.ru,

² СПбГУ, доцент, проректор, erem2003@mail.ru

Синтез H -оптимальных цифровых систем с учетом модальных требований

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Цифровая система, модальное требование, проектирование, обратная связь, спектральный метод, синтез.

АННОТАЦИЯ:

Рассматриваются вопросы аналитического проектирования цифровых систем с обратной связью на базе идеологии H -оптимизации. Основное внимание уделяется спектральному методу минимизации функционалов, представленных нормами передаточных функций замкнутых цифровых систем как элементов пространств Харди H_2 и H_∞ . В отличие от известных подходов, предлагаются методы синтеза обратных связей с заданной структурой и фиксированными корнями характеристического полинома.

1. Введение

Современные цифровые динамические системы управления и обработки сигналов практически полностью формируются с непосредственным применением компьютерных устройств и технологий, что определяет необходимость математической формализации решаемых ими функциональных задач. С этим связаны усилия прикладных математиков и ИТ-специалистов, направленные на выбор, модификацию и разработку математических методов моделирования, анализа, синтеза и практической реализации цифровых систем. Такие методы должны в максимальной степени соответствовать возможностям компьютерных средств, с помощью которых они реализуются, что в конечном итоге определяет суммарную эффективность соответствующих процессов управления и обработки информации.

В частности, одним из наиболее популярных подходов к формализованному проектированию встраиваемых систем малой мощности служит постановка и решение задач H -оптимизации для линейных стационарных (LTI) объектов со скалярными управлениями и возмущениями (SISO). Общие положения и универсальные методы теории H -оптимального синтеза представлены, например, в работе [1], а специфика SISO-задач отражены в статьях [2, 3].

Однако необходимо отметить, что известные подходы к решению этих задач в ряде практически значимых ситуаций могут приводить к

существенным трудностям. Их причина лежит в основе классической постановки задач минимизации, где допустимым является множество стабилизирующих регуляторов. При этом любое его сужение существенно усложняет поиск решения и требует формирования специализированных методов синтеза.

Особый интерес представляет поиск оптимальных решений на множестве обратных связей с заранее заданной структурой. Существо этой проблемы и возможные подходы к ее решению детально представлены в обзоре [4]. Однако и такое сужение допустимого множества не всегда достаточно в практических задачах, где дополнительно вводятся определенные динамические требования к синтезируемой системе.

В статье [5] была высказана и реализована идея минимизации среднеквадратичных функционалов на множестве регуляторов фиксированной структуры с априорным заданием корней характеристического полинома замкнутой системы.

Целью данной работы является представление новых аналитических и вычислительных методов оптимизации SISO LTI систем по нормам пространств Харди H_2 и H_∞ при фиксированной структуре обратной связи, обеспечивающей желаемое размещение корней (модальные требования) характеристического полинома замкнутой системы (ХПЗС). Эти методы позволяют уменьшить время вычислений и объем оперативной памяти, что имеет особую значимость при использовании расчетных алгоритмов синтеза для перенастройки управления в режиме реального времени. Это имеет особое значение для адаптивной реализации в составе различных встраиваемых систем автоматического управления и обработки сигналов, в частности – для автономных систем управления мобильными роботами.

2. Постановки SISO задач дискретного синтеза

Ниже рассматриваются две центральные задачи синтеза обратных связей (регуляторов), для LTI динамического объекта управления с математической моделью дискретного времени n , представленной в виде следующего разностного уравнения:

$$A(q)y[n] = B(q)u[n] + d[n], \quad n \in N^1. \quad (1)$$

Здесь y , u и d – скалярные дискретные процессы: y – контролируемая переменная, u – сигнал обратной связи (управление), d – внешнее воздействие; $A(q)$ и $B(q)$ – взаимно простые полиномы степеней n_s и $m \leq n_s - 1$ от оператора q сдвига на такт вперед.

Будем замыкать объект (1) обратной связью

$$u = W(q)y, \quad (2)$$

с передаточной функцией $W(q) = W_1(q)/W_2(q)$, W_1, W_2 – полиномы. В результате замыкания получим SISO-систему (1), (2) с уравнением

$[A(q) - B(q)W(q)]y = d$, где $d = \{d[t]\}$ – случайный стационарный эргодический процесс со спектральной плотностью мощности

$$S_d(e^{j\omega})|_{e^{j\omega}=z} \equiv S_1(z)S_1(z^{-1}), \quad S_1(z) \equiv N(z)/T(z), \quad (3)$$

$N(z)$ и $T(z)$ – шуровские полиномы (все их корни находятся в открытом единичном круге D на комплексной плоскости).

Введем в рассмотрение обобщенную передаточную функцию $H(z)$ замкнутой системы, которая определяется тождеством

$$H(z, W)H(z^{-1}, W) \equiv H_y(z, W)H_y(z^{-1}, W) + c^2 H_u(z, W)H_u(z^{-1}, W). \quad (4)$$

Здесь $c = \text{const}$, $H_y = W_2(z)/\Delta(z)$ и $H_u = W_1(z)/\Delta(z)$ – передаточные функции этой системы по выходу и по управлению соответственно, $\Delta(z)$ – её характеристический полином

$$\Delta(z) = A(z)W_2(z) - B(z)W_1(z). \quad (5)$$

Для оценки качества динамических процессов в замкнутой системе будем использовать два следующих функционала:

$$J(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_2^2, \quad (6)$$

$$J_\infty(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_\infty^2, \quad (7)$$

значения которых, согласно (1) – (7) зависят от выбора передаточной функции $W(z)$ обратной связи (2) в пределах соответствующих допустимых множеств. Для их задания введем в рассмотрение множество RL рациональных дробей $\rho(z)$ без полюсов на единичной окружности, а также гильбертово пространство $RL_2 \subset RL$ правильных функций со скалярным произведением $\langle \rho_1, \rho_2 \rangle = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \rho_1(e^{j\omega})\rho_2(e^{-j\omega})d\omega$ и нормой

$$\|\rho\|_2^2 = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi |\rho(e^{j\omega})|^2 d\omega. \quad \text{Справедливо представление } RL_2 = RH_2 \oplus RH_2^\perp, \quad \text{где}$$

пространство RH_2 содержит все функции аналитические в круге D , а его дополнение $RH_2^\perp$ – вне этого круга. Введем также пространство $RL_\infty \subset RL$ правильных дробей, имеющих норму $\|\rho\|_\infty = \sup_{\text{Re } z \geq 1} |\rho(z)| = \max_{\omega \in [0, \pi]} |\rho(e^{j\omega})|$, выделяя из него подпространство RH_∞ , включающее все элементы аналитические вне круга D . Заметим, что множества RH_2 и RH_∞ могут трактоваться, как частные случаи пространств Харди ([1]).

С учетом введенных обозначений сформулируем базовые задачи H -оптимизации в классической постановке для системы (1), (2):

$$J(W) = \|H(W)S_1\|_2^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_2}, \quad \Omega_2 = \{W : H(W) \in RH_2\}. \quad (8)$$

$$J_{\infty}(W) = \|H(W)\|_{\infty}^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_{\infty}}, \quad \Omega_{\infty} = \{W : H(W) \in RH_{\infty}\}.$$

Детальное обсуждение особенностей и методов решения этих задач проведено в статьях [2, 3]. Отметим лишь, что оптимальные регуляторы, полученные в результате синтеза, являются единственными и обладают конкретной структурой, однозначно определяемой исходными данными. Основным её недостатком, порождающим ряд проблем, связанных с реализацией, является высокая степень полинома W_2 , т.е. высокий порядок регулятора, который не меньше порядка n_s объекта.

В связи с отмеченной особенностью, перейдём к задачам типа (8), однако на более узких допустимых множествах. С этой целью введем понятие структуры обратной связи.

Определение 1. Будем говорить, что регулятор (2) имеет структуру $\Re\{\mu, \nu\}$, отражая этот факт записью $W \in \Re$, если степени полиномов W_1 , W_2 равны μ и ν соответственно:

$$\deg(W_1) = \mu, \quad \deg(W_2) = \nu. \quad (9)$$

Замечание. Будем считать, что для любого элемента структуры $\Re$ коэффициент при старшей степени полинома W_2 равен единице.

Определение 2. Допустимыми множествами Ω_{a2} и $\Omega_{a\infty}$ в задачах H -оптимизации будем называть совокупности регуляторов с передаточными функциями $W \in \Omega_2 \cap \Re$ и $W \in \Omega_{\infty} \cap \Re$ (указанные пересечения считаем не пустыми) соответственно, которые для замкнутой системы обеспечивают выполнение определённых динамических требований, подлежащих заданию в каждой конкретной ситуации.

В данной работе рассматриваются оптимизационные задачи

$$J(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_2^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_{a2}}, \quad (10)$$

$$J_{\infty}(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_{\infty}^2 \rightarrow \min_{W \in \Omega_{a\infty}} \quad (11)$$

для частых вариантов требований к динамике замкнутой системы.

3. Параметрический подход к синтезу

Простейшей идеей, на которой можно базировать методы решения задач (10), (11), является численная параметризация передаточной функции с введением вектора $\mathbf{h} \in E^p$ настраиваемых параметров: $W = W(z, \mathbf{h}) = W_1(z, \mathbf{h})/W_2(z, \mathbf{h})$. В частном случае, в качестве этого вектора может выступать упорядоченная совокупность всех коэффициентов полиномов W_1 и W_2 . Если коэффициент при старшей степени z в знаменателе равен единице, здесь имеем $p = \nu + \mu + 1$. Однако зависимость функции W от вектора $\mathbf{h}$ может быть и более сложной.

Определение 3. Будем говорить, что структура $\Re\{\mu, \nu\}$ регулятора

(2) является *полной*, если степени μ и ν передаточной функции $W(z, \mathbf{h})$, а также размерность P и состав компонентов вектора $\mathbf{h}$ таковы, что с помощью выбора этого вектора (т.е. назначения конкретных величин настраиваемых параметров) можно обеспечить произвольный спектр корней ХПЗС $\Delta(z) \equiv \Delta_3(z, \mathbf{h})$ (5) замкнутой системы (1), (2). В противном случае будем называть структуру $\mathfrak{R}$ *неполной*.

Заметим, что, независимо от полноты или неполноты структуры, на множествах Ω_{a2} и $\Omega_{a\infty}$ функционалы $J(W)$ и $J_\infty(W)$ с очевидностью ограничены снизу, т.е. имеют точные нижние границы J_0 и $J_{\infty 0}$. Это позволяет сформулировать следующие задачи параметрического оптимального синтеза:

$$\tilde{J}(\mathbf{h}) = J(W(s, \mathbf{h})) = \|H(z, \mathbf{h})S_1(z)\|_2^2 \rightarrow \inf_{\mathbf{h} \in \Omega_{h2}}, \quad (12)$$

$$\tilde{J}_\infty(\mathbf{h}) = J_\infty(W(s, \mathbf{h})) = \|H(z, \mathbf{h})S_1(z)\|_\infty^2 \rightarrow \inf_{\mathbf{h} \in \Omega_{h\infty}}, \quad (13)$$

где $H(z, \mathbf{h}) = H(z, W(z, \mathbf{h}))$, $\Omega_{h2} = \{\mathbf{h} \in E^P : W(z, \mathbf{h}) \in \Omega_{a2}\}$,
 $\Omega_{h\infty} = \{\mathbf{h} \in E^P : W(z, \mathbf{h}) \in \Omega_{a\infty}\}$.

Обратим внимание на тот факт, что задачи (12) и (13) относятся к классу конечномерных задач нелинейного программирования с весьма сложно заданными допустимыми множествами. Это обстоятельство дополнительно осложняется тем, что вопрос о достижимости указанных точных нижних границ является открытым, т.е. решением чаще всего служат минимизирующие последовательности векторов $\mathbf{h}$.

Одним из возможных путей преодоления отмеченных трудностей служит переход к эквивалентным задачам на безусловный экстремум, который был впервые предложен в работе [7]. Тем не менее, данный переход эффективен не для любых вариантов задач в рамках параметрического синтеза.

В связи с отмеченным обстоятельством, далее уделим особое внимание частной ситуации, в которой задача синтеза в заданной структуре, вообще говоря, имеет аналитическое решение.

4. Синтез с заданным спектром корней

Рассмотрим частный вариант задач (10) и (11) о минимизации функционалов $J(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_2^2$ и $J_\infty(W) = \|H(z, W)S_1(z)\|_\infty^2$ на допустимом множестве регуляторов заданной структуры $\mathfrak{R}\{\mu, \nu\}$, обеспечивающих фиксированный заданный спектр $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ корней ХПЗС (5), которые отличны от корней полинома $T(s)$. В этом случае указанное множество имеет вид

$$\begin{aligned} \Omega_{a2} = \Omega_{a\infty} &= \{W \in \mathfrak{R}\{\mu, \nu\} : A(z)W_2(z) - B(z)W_1(z) \equiv Q(z)\}, \\ Q(z) &= (z - \lambda_1)(z - \lambda_2) \dots (z - \lambda_k), \end{aligned} \quad (14)$$

где $Q(z)$ – желаемый характеристический полином степени k замкнутой системы. Выбор количества k назначаемых корней должен удовлетворять условию $k = k_1$, $k_1 = \max\{n + \nu, m + \mu\}$. Заметим, что если $k < k_1$, то радиус шара робастной устойчивости в пространстве параметров объекта и регулятора будет нулевым, что недопустимо в практических ситуациях.

Очевидно, что при произвольном выборе степеней μ и ν множество Ω_{a2} в рамках данной задачи может оказаться пустым либо содержащим единственный элемент.

Лемма 1. Для того, чтобы в рамках структуры $\mathfrak{R}\{\mu, \nu\}$ существовало сколь угодно много регуляторов, обеспечивающих любой заданный спектр $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ корней ХПЗС (5), необходимо и достаточно, чтобы степени μ и ν удовлетворяли неравенствам

$$\mu > n_s - 1, \nu > m - 1. \quad (15)$$

Доказательство. Рассмотрим полиномиальное уравнение $A(z)W_2(z) - B(z)W_1(z) \equiv Q(z)$ с неизвестными W_1 и W_2 , которое сводится к системе, состоящей из $k = \max\{n + \nu, m + \mu\}$ линейных уравнений относительно компонент вектора $\mathbf{h} \in E^p$ коэффициентов этих полиномов, $p = \nu + \mu + 1$. Решение этой системы с любым полиномом Q существует тогда и только тогда, когда выполняется соотношение $\nu + \mu + 1 \geq \max\{n + \nu, m + \mu\}$. Отсюда следует, что

$$\mu \geq n_s - 1, \nu \geq m - 1. \quad (16)$$

Нетрудно проверить, что если хотя бы одно из соотношений (16) будет выполнено со знаком равенства, то $k = p$, т.е. матрица системы относительно вектора $\mathbf{h}$ является квадратной. В силу взаимной простоты полиномов A и B эта матрица не вырождена, и система имеет только единственное решение. ■

Далее будем считать, что неравенства (16) выполнены, что позволяет говорить о существовании нетривиального решения задач (10), (11) на допустимых множествах (14). Для поиска оптимального регулятора вначале осуществим полиномиальную параметризацию этих множеств.

Теорема 1. Для того, чтобы регулятор (2) со структурой $\mathfrak{R}\{\mu, \nu\}$ обеспечивал заданный спектр $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k\}$ корней ХПЗС (5), необходимо и достаточно, чтобы его числитель $W_1(s)$ и знаменатель $W_2(s)$ удовлетворяли тождествам

$$W_1(z) \equiv \alpha(z) - A(z)P(z), \quad W_2(z) \equiv \beta(z) - B(z)P(z), \quad (17)$$

Здесь α и β – полиномы, причем $\alpha(z)/\beta(z) = W_a(z) \in \Omega_{a2}$ – передаточная функция любого регулятора структуры $\mathfrak{R}\{\mu, \nu\}$, дающего желаемый спектр Λ , а $P(z)$ – произвольный полином степени

$$r = \min\{\mu - n, \nu - m\}. \quad (18)$$

Доказательство. Для доказательства достаточности заметим, что по условию теоремы имеет место тождество

$$A(s)\beta(s) - B(s)\alpha(s) \equiv Q(s). \quad (19)$$

Зададим произвольный полином $P(z)$ со степенью (18). Тогда имеем $W = W_1/W_2 \in \mathfrak{R}$, где W_1 и W_2 удовлетворяют (17), причем регулятор (2) с данной передаточной функцией дает ХПЗС

$$\begin{aligned} \Delta(z) &= A(z)W_2(z) - B(z)W_1(z) = \\ &= A(z)[\beta(z) - B(z)P(z)] - B(z)[\alpha(z) - A(z)P(z)] \equiv Q(z), \end{aligned}$$

т.е. принадлежит множествам $\Omega_{a2} = \Omega_{a\infty}$.

Необходимость. Пусть существует регулятор, для которого выполняется тождество $\Delta(z) = A(z)W_2(z) - B(z)W_1(z) \equiv Q(z)$. Вычитая из него тождество (19), имеем $A(z)P_2(z) - B(z)P_1(z) \equiv 0$, где $P_2 \equiv W_2 - \beta$, $P_1 \equiv W_1 - \alpha$, откуда следует $P_2 \equiv BP$, $P_1 \equiv AP$, где P – полином степени (18), т.е. справедливо представление (17). ■

Таким образом, теорема 1 определяет взаимно однозначное соответствие между множествами $\Omega_{a2} = \Omega_{a\infty}$ передаточных функций регуляторов и множеством Ω_P полиномов степени $r = \min\{\mu - n, \mu - m\}$.

Это соответствие позволяет утверждать, что задачи (10) и (11) для данного варианта допустимых множеств $\Omega_{a2} = \Omega_{a\infty}$ эквивалентны более простым оптимизационным задачам

$$J(P) = J(W(P)) = \|H(z, W(P))S_1(z)\|_2^2 \rightarrow \min_{P \in \Omega_P}, \quad (20)$$

$$J_\infty(P) = J_\infty(W(P)) = \|H(z, W(P))S_1(z)\|_\infty^2 \rightarrow \min_{P \in \Omega_P}. \quad (21)$$

Решение задачи (20) базируется на следующем утверждении:

Теорема 2. На множестве Ω_P существует единственный полином $P_0(z) = h_r z^r + h_{r-1} z^{r-1} + \dots + h_1 z + h_0$, определяющий оптимальный регулятор в задаче (20) с передаточной функцией $W = W_0 = W_{01}(z)/W_{02}(z)$, где $W_{01}(z) \equiv \alpha(z) - A(z)P_0(z)$, $W_{02}(z) \equiv \beta(z) - B(z)P_0(z)$. Этот полином строится конструктивно, как решение системы линейных уравнений

$$\mathbf{M}\mathbf{h} = \mathbf{m} \quad (22)$$

относительно вектора $\mathbf{h} = (h_r \ h_{r-1} \ \dots \ h_1 \ h_0)^T$ его коэффициентов, где матрица $\mathbf{M}$ и вектор $\mathbf{m}$ однозначно определяются исходными данными задачи.

Доказательство. Здесь приведем лишь общую схему, которая аналогична работам [5, 6]. Прежде всего, минимизируемый функционал представляется в явной зависимости от полинома-параметра $P(z)$.

Далее доказывается сильная дифференцируемость этого

функционала на множестве Ω_P и формируется выражение для его первой вариации (дифференциала Фреше). Необходимое (и в данном случае – достаточное) условие экстремума состоит в равенстве нулю этой вариации для оптимального полинома $P_0(z)$, что определяет интегральное уравнение для его поиска, сводящееся к системе (22). ■

Что касается задачи (21) H_∞ -оптимального синтеза, как показано в работе [2], её решение сводится к решению задачи (21) со специально заданным спектром возмущения.

5. Пример синтеза

Пусть задан дискретный объект с математической моделью

$$(q - 1.01)y[n] = 0.01005(u[n] + d[n]), \quad n \in N^1$$

для которого $A(z) = z - 1.01$, $B(z) = 0.01005$, $n_s = 1$, $m = 0$.

Будем считать, что на объект действует возмущение d , представляющее собой гауссовский белый шум с постоянным спектром, т.е. $N(z) \equiv T(z) \equiv 1$, $p_s = q_s = 0$. К указанным исходным данным добавим весовой множитель $c = 1$ и найдем решение задачи (20).

В соответствии с принятым подходом зафиксируем структуру обратной связи, удовлетворяющей условиям (16) со степенями $\mu = \nu = 2$, что позволит задать $k = \max\{n + \nu, m + \mu\} = 3$ корня ХПЗС. Находим степень $r = \min\{\mu - n, \nu - m\} = 1$ полиномов-параметров $P(s)$.

На втором шаге зададим желаемый спектр корней $\Lambda = \{0.97, 0.98, 0.99\}$, тем самым определяя полином

$$Q(z) = z^3 - 2.94z^2 + 2.88z - 0.941, \quad \text{т.е. } k = 3.$$

Третий шаг состоит в построении опорного регулятора с передаточной функцией $W_a(s) = \alpha(s)/\beta(s)$, обеспечивающего заданный спектр. Решая полиномиальное уравнение $A(s)\beta(s) - B(s)\alpha(s) \equiv Q(s)$, находим $\alpha(s) = -6z^2 + 11.9z - 5.89$, $\beta(z) = z^2 - 1.99z + 0.99$.

На четвертом шаге находим оптимальный полином $P_0(z) = -3.55z + 3.52$, и, наконец, формируем передаточную функцию $W_0(z) = W_{01}(z)/W_{02}(z)$ оптимального регулятора, где

$$W_{01}(s) \equiv \alpha(s) - A(s)P_0(s) = -2.39z^2 + 4.66z - 2.27,$$

$$W_{02}(s) \equiv \beta(s) - B(s)P_0(s) = z^2 - 1.95z + 0.955.$$

Построенный оптимальный регулятор обеспечивает следующее значение минимизируемого функционала:

$$J(P_0) = J(W(P_0)) = \|H(z, W_0)S_1(z)\|_2^2 = 0.024,$$

а для опорного регулятора имеем $J(0) = J(W(0)) = \|H(z, W_a)S_1(z)\|_2^2 = 0.042$, что существенно хуже.

6. Заключение

Данная работа написана в плане развития идеи модального синтеза в заданной структуре, представленной в работах [5] и [6], с приложением к задачам H -оптимизации SISO LTI систем. Приводится обоснование одного из вариантов экономичных алгоритмов расчета оптимальных цифровых систем. Как и в классических задачах синтеза [3], нахождение передаточной функции $W(z)$ обратной связи однозначно определяет соответствующий цифровой фильтр, обладающий линейным и стационарным свойством. Его реализация в виде программного кода не вызывает никакого труда и легко автоматизируется. В этом смысле привлечение оптимизационного подхода в рассматриваемом случае можно трактовать как автоматизированное формирование программного обеспечения, реализующего обратные связи в замкнутых цифровых системах. Практическая направленность предложенного подхода определяется указанием пути для существенного сокращения вычислительных затрат на проведение H -оптимального синтеза при наличии структурных и модальных ограничений по сравнению с «2-Риккати» или LMI методами. Подобное сокращение не играет существенной роли для однократного решения задач синтеза в лабораторных условиях, однако весьма значимо для адаптивной перенастройки обратных связей в режиме реального времени, в частности – в системах управления автономными мобильными роботами или в различных встраиваемых системах.

Литература

1. Doyle J., Francis B., Tannenbaum A. Feedback control theory. New York: Macmillan Publ. Co., 1992. – 227 p.
2. Веремей Е.И. Алгоритмы решения одного класса задач H_∞ -оптимизации систем управления // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2011. – № 3. – С. 52 – 61.
3. Веремей Е.И. Вопросы оптимизации цифровых систем управления и обработки сигналов // Тр. Седьмой международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование». – М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. – С. 974–982.
4. Бойченко В.А., Курдюков А.П., Тимин В.Н. и др. Некоторые методы синтеза регуляторов пониженного порядка и заданной структуры // Управление большими системами. 2007. вып. 19. С. 23-126 http://ubs.mtas.ru/search/search_results_ubs_new.php?publication_id=3178&IBLOCK_ID=20.
5. Еремеев В. В. Синтез оптимальных регуляторов с учётом заданного расположения нулей характеристического полинома замкнутой системы. – В сб.: Математические методы исследования управляемых механических систем. Л., Изд-во ЛГУ, 1982, с.57–63.
6. Веремей Е.И., Еремеев В.В. Выбор оптимальных параметров обратной связи специальной структуры // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. 1: Математика, механика, астрономия, — 1988. — Т. 2, — № 8. — С. 91 – 94.
7. Веремей Е.И. Обеспечение заданной степени устойчивости регуляторами с неполной информацией // Известия РАН. Техн. Кибернетика. 1986. — № 4. С. 123–130.

**Абруков В.С.¹, Кожин А.Ю.², Троешестова Д.А.³, Петрова М.В.⁴,
Ануфриева Д.А.⁵**

¹ Чувашский государственный университет, зав. кафедры прикладной физики и нанотехнологий, профессор, докт. физ.-мат. наук, abrukov@yandex.ru

² Чувашский государственный университет, зам. начальника управления информатизации

³ Чувашский государственный университет, каф. дискретной математики и информатики, доцент, канд. физ.-мат. наук

⁴ Чувашский государственный университет, магистрант кафедры прикладной физики и нанотехнологий

⁵ Чувашский государственный университет, магистрант кафедры прикладной физики и нанотехнологий

Возможности методов интеллектуального анализа данных при моделировании образовательного процесса в вузе и разработке систем поддержки принятия решений

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Интеллектуальный анализ, моделирование, образовательный процесс, система принятия решений.

АННОТАЦИЯ:

Исследованы возможности методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) при моделировании образовательного процесса в вузе. С помощью искусственных нейронных сетей получены вычислительные модели связи баллов, полученных абитуриентами на ЕГЭ, и успеваемостью студентов на первом курсе, а также связи между успеваемостью студентов на первых четырех сессиях.

Введение

В декабре 2012 года Правительством РФ утвержден план мероприятий ("дорожная карта") "Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки" (далее План).

По отношению к системе высшего образования План предусматривает изменения, направленные на повышение эффективности и качества услуг в сфере образования, совершенствование структуры и сети государственных образовательных организаций, совершенствование структуры образовательных программ и включает в себя, в частности, следующее:

- проведение ежегодного мониторинга эффективности образовательных организаций высшего образования;
- модернизацию системы лицензирования и аккредитации образовательных программ в системе высшего образования;

- введение прикладного бакалавриата в высшем образовании;
- обеспечение высокого качества программ магистратуры;
- создание новой модели аспирантуры на базе образовательных организаций высшего образования, активно участвующих в научно-исследовательской работе;
- поддержку программ развития сети национальных исследовательских университетов
- реализацию программ стратегического развития образовательных организаций высшего образования;
- создание системы оценки качества подготовки бакалавров;
- разработку и внедрение механизмов эффективного контракта с научно-педагогическими работниками образовательных организаций высшего образования;
- информационное и мониторинговое сопровождение введения эффективного контракта с вузом.

В данной работе была поставлена задача исследования возможностей методов интеллектуального анализа данных – МИАД (Data Mining и, в частности, искусственных нейронных сетей) для анализа выполнения некоторых мероприятий Плана, в частности, анализа состояния системы образования в вузе и прогнозирования ее развития [1].

Поиск в электронной библиотеке России elibrary.ru показал, что в России примеров применения МИАД при решении подобных задач нет. За рубежом такие примеры есть [2-4].

Методология исследований

Главным условием применения МИАД, реализующих «информационный подход» к задачам анализа и прогнозирования, является сбор данных об анализируемой системе. Источниками данных могут быть базы данных учетных систем вуза; данные, которые непосредственно или косвенно касаются участников образовательного процесса вуза, но которые отсутствуют в учетных системах и которые можно получить с помощью развернутых анкет-интервью участников образовательного процесса; внешние по отношению к вузу данные (макроэкономические показатели региона вуза, конкурентная среда, демографические и иные статистические данные).

Общие задачи, которые могут решать МИАД – следующие [5-8]:

- классификация – отнесение объектов (наблюдений, событий) к одному из заранее известных классов;
- регрессия, в том числе задачи прогнозирования - установление зависимости выходных параметров (целевых функций) от входных переменных (факторов);
- кластеризация – группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных (свойств), описывающих сущность этих объектов.

Проблемы анализа и моделирования образовательного процесса в вузе формулируются похожим образом, и решение большинства из них сводится к той или иной задаче Data Mining или к их комбинации.

Результаты анализа и моделирования образовательного процесса в вузе

На сайте <http://mfi.chuvsu.ru/opros/> размещены анкеты – интервью, заполняемые в режиме он-лайн и содержащие около 100 вопросов по процессу образования в целом и качеству образовательного процесса. Заполнение анкеты занимает примерно 10 минут, несмотря на то, что в ней около 100 вопросов.

К настоящему времени собрано около 500 анкет (около 50000 ответов) студентов факультета прикладной математики, физики и информационных технологий Чувашского государственного университета.

Схема работы с анкетами следующая. Данные ответов на вопросы анкет представляются в виде таблицы, затем проводится их обработка, анализ и моделирование с помощью МИАД.

В таблице 1 приведены результаты оценки корреляции между результатами ЕГЭ и результатами первой сессии студентов.

В левом столбце «Входные поля» указаны факторы (баллы ЕГЭ по трем дисциплинам), в столбце «Корреляция с выходными полями» в первой строчке - название целевых функций – количество оценок «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно», ниже – показатели корреляции (цифры в виде десятичной дроби со знаком + или -).

Таблица 1 Корреляция между результатами ЕГЭ и результатами первой сессии студентов

Входные поля		Корреляция с выходными полями		
№	Поле	Кол-во пятерок 1 семестре	Кол-во четверок 1 семестре	Кол-во троек 1 семестре
1	Баллы ЕГЭ по математике	0,419	-0,322	-0,459
2	Баллы ЕГЭ по физике	0,247	-0,243	-0,410
3	Баллы ЕГЭ по русскому языку	0,327	0,279	-0,342

Результаты показывают, что непосредственной линейной связи между баллами ЕГЭ и оценками первой сессии студентов нет и что связь эта существенно нелинейная.

Для выявления этой связи были использованы искусственные нейронные сети (ИНС), с помощью которых были построены вычислительные модели, позволяющие по баллам ЕГЭ прогнозировать успеваемость студентов в первую сессию.

На рис. 1 представлена структура ИНС.

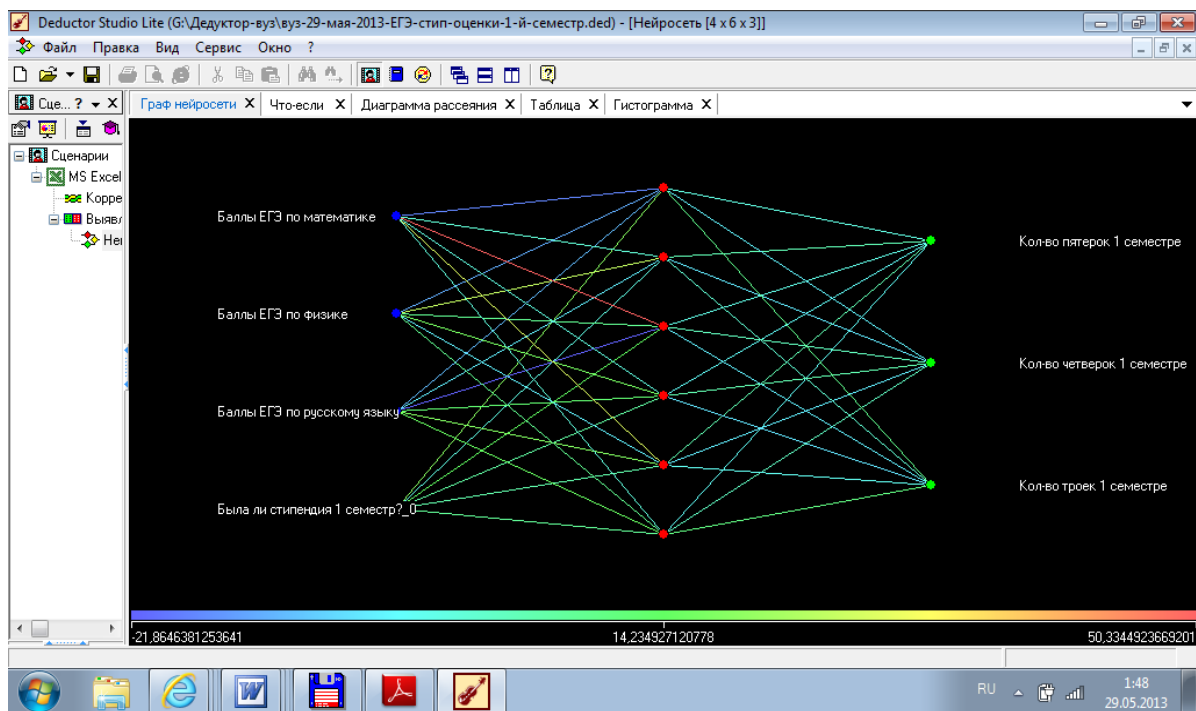


Рис. 1. Структура искусственной нейронной сети, использованная для моделирования зависимости количества различных оценок в первую сессию от результатов ЕГЭ и наличия стипендии

Результаты моделирования представлены на рис. 2-.

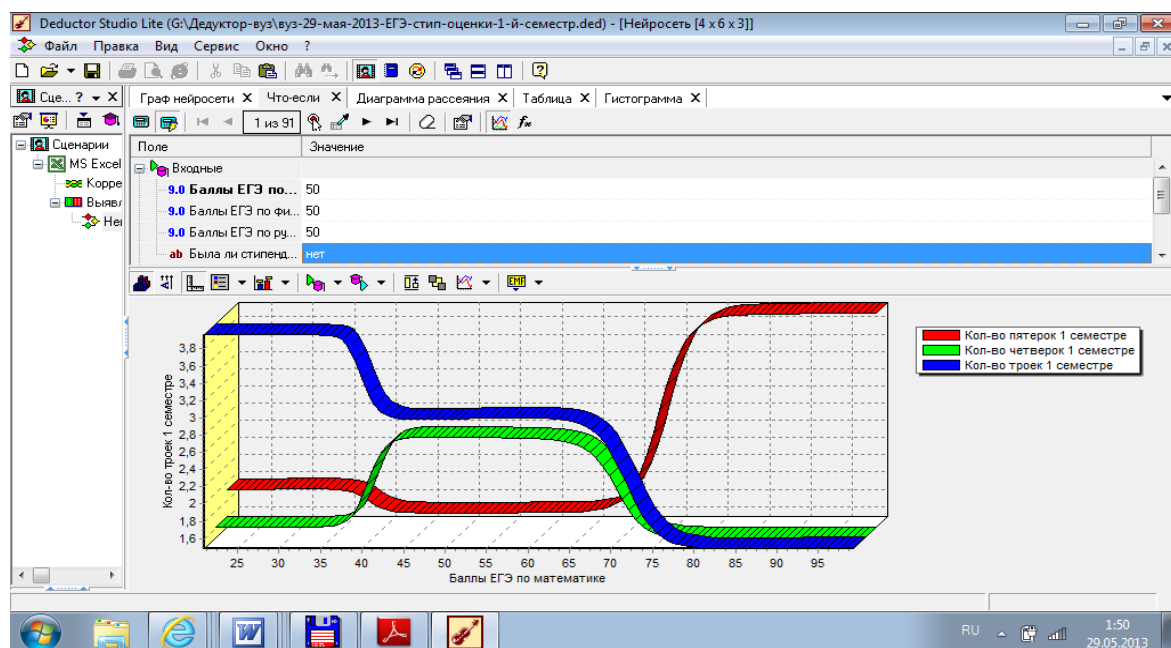


Рис. 2. Зависимость количества различных оценок в первую сессию (обозначения оценок приведены справа от графиков) от результатов ЕГЭ по математике в случае, когда студент не получал стипендию (см. таблицу над графиком)

В целом можно сделать вывод о том, что средние баллы ЕГЭ не могут служить основанием для определения «эффективности» вуза с точки зрения «качества образования» понимаемого как успеваемость студентов.

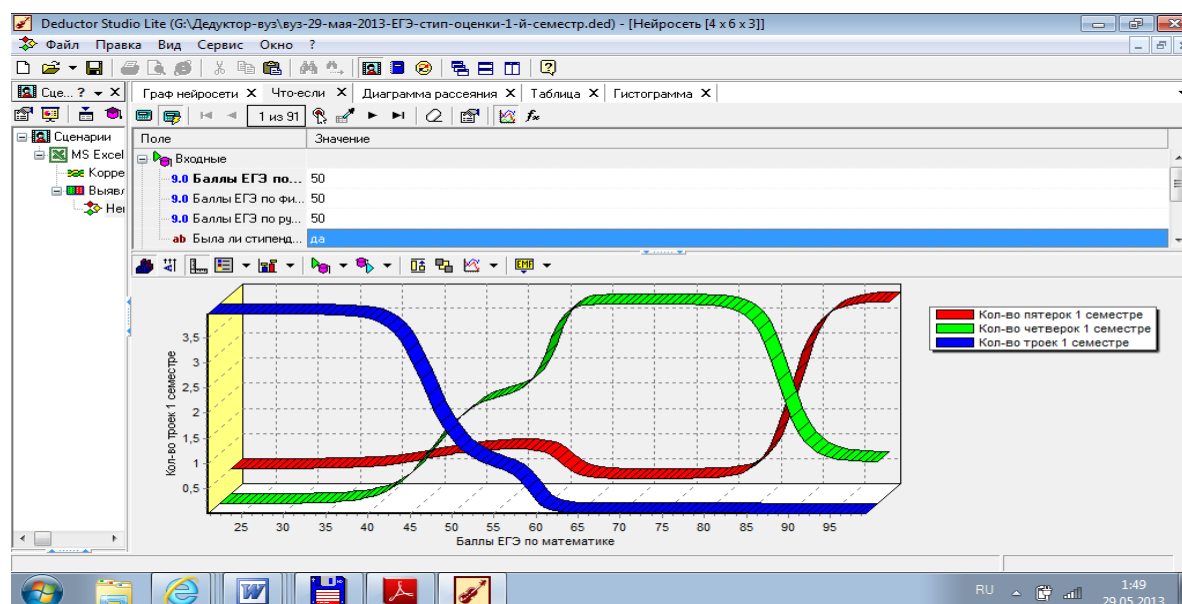


Рис. 3. Зависимость количества различных оценок в первую сессию от результатов ЕГЭ по математике в случае, когда студент получал стипендию

Были исследованы закономерности «траектории» качества учебной работы студентов в виде связей между оценками, полученными студентами на экзаменационных сессиях разных семестров (с 1-го по 4-й).

На рис.3 представлен график, который отражает зависимость количества различных оценок во 2-ом семестре от количества «троек» в 1-ом семестре. Он показывает, что большое количество «троек» («печальный опыт» 1-й экзаменационной сессии) приводит к тому, что во втором семестре студент учится практически на одни «пятерки» (это справедливо для студентов, которые получили в первом семестре 0 «пятерок», две «четверки» и две «тройки» - см. табличку над графиком).

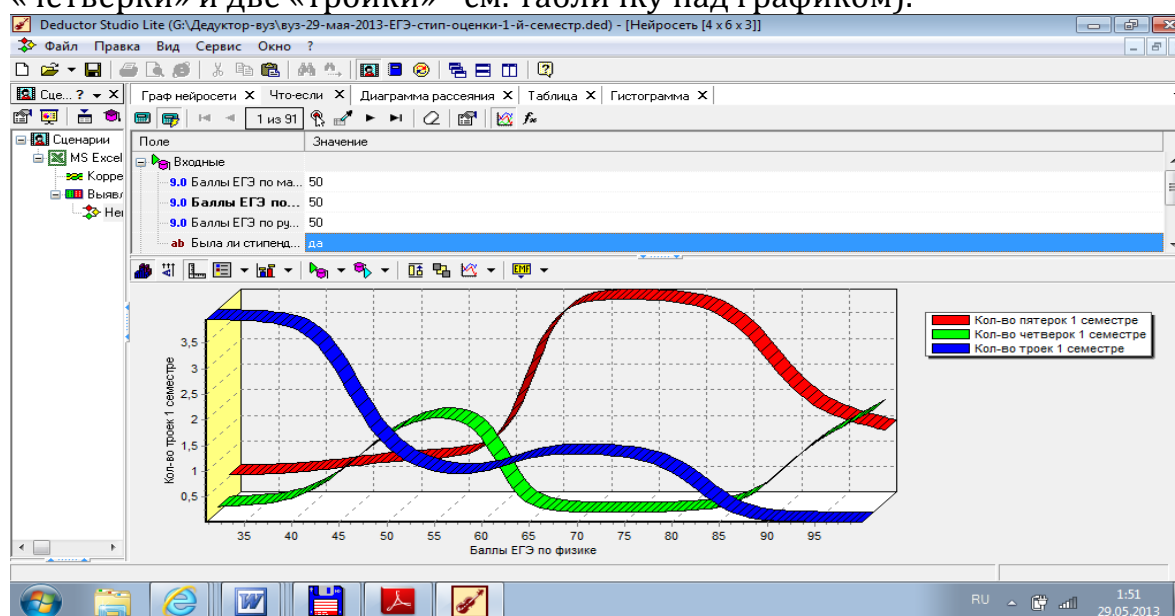


Рис. 4. Зависимость количества различных оценок в первую сессию от результатов ЕГЭ по физике в случае, когда студент получал стипендию

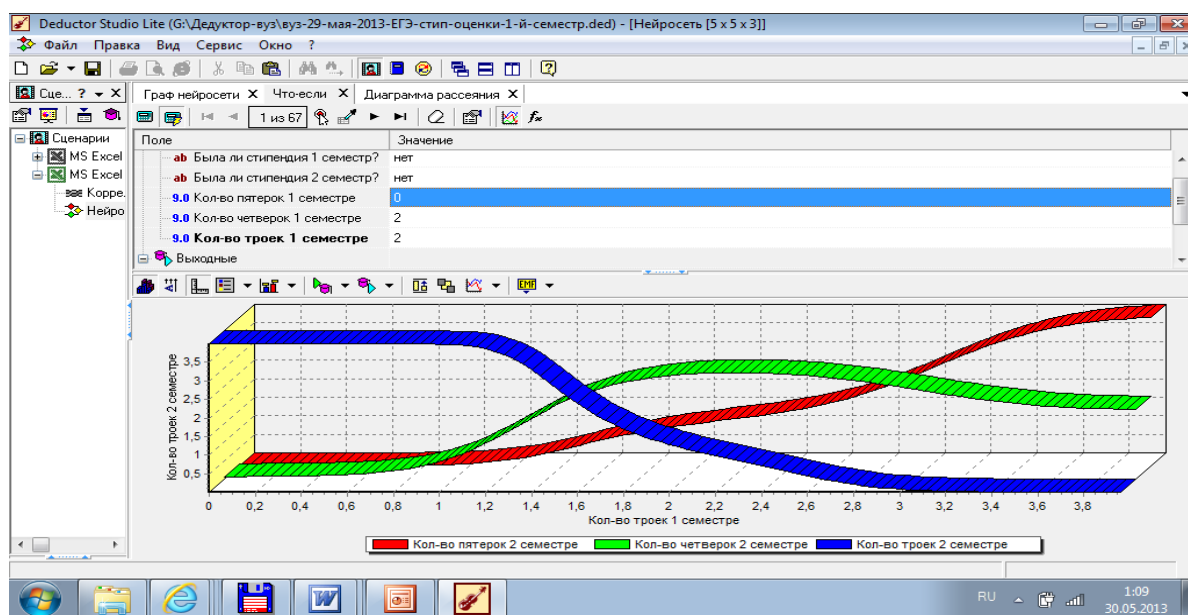


Рис. 5. Зависимость количества «пятерок», «четверок» и «троек» во 2-ом семестре от количества «троек» в 1-ом семестре в случае, когда студент не получал стипендию в обоих семестрах

Исследовались и другие различные комбинации связей между оценками полученными на экзаменационных сессиях разных семестров. Но четкой связи выявлено не было. Можно отметить только, что связи между оценками, полученными на экзаменационных сессиях 3 и 1 семестров, 4 и 1, 4 и 2 семестров практически нет.

Решение задачи прогнозирования «траектории» качества учебной работы студентов по семестрам (в виде «траектории» качества оценок полученных студентами на экзаменационных сессиях) требует дополнительного сбора данных.

Заключение

Работа в настоящее время продолжается. В дополнение к данным анкет-интервью планируется собрать данные по финансовому обеспечению образовательного процесса, экспертным оценкам итоговых аттестаций, российскому рейтингу вуза, уровню конкурсного отбора абитуриентов и т.д.

Предполагается решение комплекса задач, например:

- прогнозирование «траектории» учебной и научной работы студентов различных специальностей и направлений подготовки и определение мер способствующих повышению качества учебной и научной работы студентов.
- кластеризация – группировка специальностей и направлений подготовки по качеству приема абитуриентов, качеству учебной и научной работы студентов, районам проживания абитуриентов и студентов с хорошим качеством учебной и научной работы, уровню востребованности выпускников различных специальностей и направлений подготовки.

- решение задач регрессии (получения многофакторных вычислительных моделей) устанавливающих зависимости таких целевых функций, как: качество учебы по курсам и качество выпускных квалификационных работ, востребованность выпускников и уровень их заработной платы после трудоустройства, степень удовлетворенности участников процесса образования (студенты, аспиранты, преподаватели, учебно-вспомогательный персонал, административно-хозяйственный аппарат, потребители – работодатели, родители студентов), и другие от таких факторов, как: потребность (федеральная, региональная) в специалистах; личностная потребность в высшем образовании, ресурсы вуза; бюджетное и внебюджетное финансирование; степень внедрения информационно-телекоммуникационных технологий; уровень требований при конкурсном отборе абитуриентов, степень участия преподавателей в НИР; уровень кадрового обеспечения образовательного процесса в целом; заработная плата преподавателей и учебно-вспомогательного персонала; и т.п.
- решение **обратных** задач, например, какой должен быть абитуриент чтобы получить 5 по всем дисциплинам на первой сессии, учиться на 4 и 5 в первые четыре семестра, устроится на работу с зарплатой более 30000 рублей в течение 1 года после выпуска, стать кандидатом наук, получить грант РФФИ на 3 году после защиты диссертации, какой должна быть зарплата доцента, чтобы 50% выпускников работали по специальности и т.п.

Мы приглашаем студентов, аспирантов и преподавателей вузов России к совместной работе.

Литература

1. Аbruков В.С., Ефремов Л.Г., Кошечев И.Г. Новые подходы к разработке моделей системы поддержки принятия решений и управления вузом // Вестник Чувашского университета. 2013. № 1. С. 224 - 229.
2. Goyal M. Applications of Data Mining in Higher Education // International journal of computer science. 2012. 9 (2). P. 113.
3. Kovacic Z.J. Predicting student success by mining enrolment data // Journal of research in higher education. 2012. 15. P. 54.
4. Ranjan J. Effective educational process: a data-mining approach // Journal of information and knowledge management systems. 2007. 37 (4). P. 502.
5. Аbruков В.С., Николаева Я.Г. Количественные и качественные методы: соединяем и властвуем! // СОЦИС. Москва. 2010. N 1. С. 142-145.
6. Аbruков В.С., Николаева Я.Г., Макаров Д.Н., Сергеев А.А., Карлович Е.В. Применение средств интеллектуального анализа данных (Data Mining) для исследования неполно определенных систем // Вестник Чувашского университета. № 2. 2008. С. 233-241.
7. Анализ бизнес информации – основные принципы. [Электронный ресурс] // [сайт]. [1995-2013]. URL: <http://www.basegroup.ru/library/methodology/analysisbusinessdata> (дата обращения: 15.04.2013).
8. Славутская Е.В., Аbruков В.С., Славутский Л.А. Интеллектуальный анализ данных психодиагностики школьников предпубертатного возраста // Вестник Чувашского университета. 2012. № 3. С. 226 – 231.

Бондаренко М.А.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, факультет
Вычислительной Математики и Кибернетики, аспирант, max.bond@bk.ru

Применение виртуальных моделей местности в системах навигации летательных аппаратов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Системы технического зрения, бортовые системы
комбинированного зрения, фотограмметрия, совмещение
изображений.*

АННОТАЦИЯ:

Рассмотрена возможность и актуальность применения системы навигации летательных аппаратов по виртуальной модели местности. Предложен ряд алгоритмов, дающий возможность реализовать данную систему на практике. Системы навигации по трёхмерным виртуальным моделям местности в перспективе могут применяться для автономного пилотирования на высотах не более 1 км над подстилающей поверхностью.

Введение

Перспективная концепция авионики нового поколения основывается на интеграции информационных датчиков всех бортовых подсистем с целью формирования объективной картины внешней обстановки для обеспечения ситуационной определенности и вывода результирующей информации на индикаторы: индикатор на лобовом стекле (Head-Up Display, HUD) и многофункциональный индикатор (Multifunctional Display, MFD). В настоящее время к данной концепции делаются первые шаги [Визильтер, Желтов, 2011]. Ведущими зарубежными производителями [Elbit Systems, Gulfstream, Honeywell, Rockwell Collins, Thales, Max-Viz, 2013] предлагаются системы улучшенного технического видения (СУВ, Enhanced Vision System – EVS – в англоязычных источниках), формирующие улучшенное изображение внешней среды по изображениям с ИК и/или ТВ каналов и отображающие его на HUD и MFD. На рис. 1 приведён пример работы СУВ.

Также ведущими производителями предлагаются системы синтезированного видения (ССВ), известные за рубежом как Synthetic Vision System, SVS, [Журнал Avionics Magazine, май 2012]. Под ССВ понимают систему, формирующую в бортовом вычислителе и выводящую на дисплей изображение топографического участка, наблюдаемого из кабины пилота (рис. 2). Участок извлекается из базы данных (БД) в соответствии с текущей информацией об ориентации и положении летального аппарата (ЛА). Изображение с SVS выводится на основной пилотажный дисплей (Primary

Flight Display, PFD) с видом «с самолёта на землю».

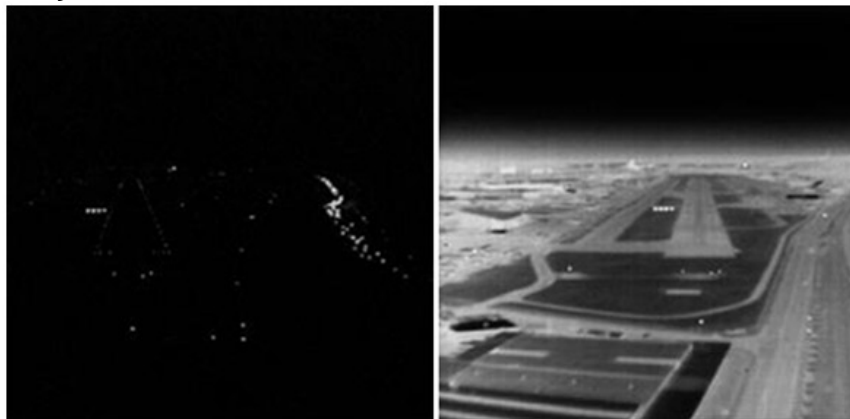


Рис. 1. Пример работы СУВ компании Max-Viz: справа – изображение, формируемое СУВ, слева – вид через остекление кабины пилота



Рис. 2. Синтезированное изображение на PFD, формируемое ССВ "Flight Logic" фирмы Honeywell

Работа предлагаемых систем порознь не обеспечивает никаких «эксплуатационных преимуществ»: наличие данных систем на ЛА не даёт права экипажу отклоняться от Федеральных авиационных правил (FAR) или правил Европейского агентства по авиационной безопасности относительно различных фаз полёта. Эксплуатационные преимущества предоставляет лишь система EVS с обязательной функцией вывода улучшенного изображения на HUD или его аналог [RTCA DO-315, 2008]. За рубежом такие системы известны как EFVS (Enhanced Flight Vision System).

При объединении систем СУВ и ССВ в систему комбинированного видения (СКВ, в англоязычных источниках Combined Vision System, CVS) ведущие производители столкнулись с проблемой, такой как двоение изображения при совмещении синтезированного изображения с улучшенным изображением. Эта проблема связана с погрешностями бортовых приборов, в основном с погрешностями GPS приёмника (особенно

в горной местности, где сигнал от GPS приёмника слабый). Согласно [Визильтер, Желтов, 2011], большинство сертифицированных коммерческих систем, предлагаемых ведущими мировыми производителями, представляют собой неинтеллектуальные системы «датчик-дисплей», обеспечивающие передачу изображений и навигационных данных на различные индикаторы оператору без какого-либо их анализа и сопоставления. В данной работе предлагается концепция архитектуры СКВ и подход, призванный не только устранить указанную проблему, но и уточнить показания бортовых приборов с помощью СКВ по глобальной трёхмерной модели местности.

Постановка задачи совмещения

Положение наблюдателя (камеры) в пространстве однозначно описывается вектором: $v=(x, y, z, \varphi, \psi, \theta)$, (x, y, z) – координаты камеры, (φ, ψ, θ) – её ориентация. Пусть $v_r=(x_r, y_r, z_r, \varphi_r, \psi_r, \theta_r)$ – точное, но неизвестное положение камеры, а $v_e=(x_e, y_e, z_e, \varphi_e, \psi_e, \theta_e)$ – положение камеры, измеренное по приборам с погрешностями:

$$\delta_x = |x_r - x_e| \leq M_x, \quad \delta_y = |y_r - y_e| \leq M_y, \quad \delta_z = |z_r - z_e| \leq M_z, \quad (1)$$

$$\delta_\varphi = |\varphi_r - \varphi_e| \leq M_\varphi, \quad \delta_\psi = |\psi_r - \psi_e| \leq M_\psi, \quad \delta_\theta = |\theta_r - \theta_e| \leq M_\theta, \quad (2)$$

– известные технические характеристики приборов.

Пусть далее $I_r=I(v_r)$ – изображение, видимое реальной камерой, установленной на борту ЛА, $I_e=I(v_e)$ – изображение, сгенерированное бортовой ЭВМ на основании показаний приборов v_e и имеющейся 3D модели M реальной сцены. Требуется по известному начальному приближению v_e известным I_e, I_r и M вычислить v_r . Таким образом, для решения задачи совмещения в данной постановке требуется найти v_r , чтобы подать эти данные в бортовую ЭВМ для получения синтезированного кадра, который будет соответствовать кадру, видимому бортовой камерой в данный момент времени.

Концепция системы комбинированного видения

На рис. 3 приводится схема, разработанная на базе работы [Бондаренко, Бондаренко, Докучаев, 2012] отражающая общую концепцию СКВ.

На рис. 3 $v_e=(x_e, y_e, z_e, \varphi_e, \psi_e, \theta_e)$ – положение бортовой камеры, измеренное по приборам с погрешностями $\delta_i, i \in \{x, y, z, \varphi, \psi, \theta\}$, а также положение виртуальной камеры в 3D модели, $v_r=(x_r, y_r, z_r, \varphi_r, \psi_r, \theta_r)$ – точное, но неизвестное положение бортовой камеры, $v_e=(x_e, y_e, z_e, \varphi_e, \psi_e, \theta_e)$ – уточнённое положение мобильного устройства. Параметры реальной и виртуальной камер должны совпадать.

Существование решения задачи совмещения

Множество $\delta_i | i \in \{x, y, z, \varphi, \psi, \theta\}$, согласно (1,2) представляет собой выпуклый компакт в 6-мерном пространстве $\{x, y, z, \varphi, \psi, \theta\}$, поэтому задачу совмещения можно решить «в лоб» простым перебором с некоторым фиксированным шагом с вычислением корреляции между совмещаемыми

кадрами. Максимум корреляционной функции от пары совмещаемых изображений даст наилучшее совмещение с заданной точностью. Однако данный подход вычислительно трудоёмок: алгоритмическая сложность порядка $O(N^6 \cdot W \cdot H)$, где N – среднее число интервалов по каждому из параметров камеры, а $W \times H$ – размер обрабатываемых изображений. Поэтому для бортовых систем реального времени такой подход не применим.



Рис. 3. Общая концепция архитектуры СКВ

Решение задачи совмещения

Для применения предлагаемого далее решения задачи совмещения реального и синтезированного кадров, необходимо найти опорные точки на реальном кадре, которые имеют известные координаты в пространстве, согласно имеющейся виртуальной 3D-модели. Так задача совмещения сводится к задаче поиска точечных соответствий на видимом кадре и на синтезированном.

Пока предположим, что указанные соответствия верно найдены. Тогда введём для описания две системы координат: *пиксельную систему координат* цифрового снимка $(O_{pix}, x_{pix}, y_{pix})$, начало координат в левом верхнем углу изображения и *пространственную систему координат* цифрового снимка $(Sxyz)$, начало координат в центре проектирования. Предполагается, что все изображения формируются по закону центрального проектирования. Плоскость снимка лежит впереди центра проектирования, любая точка снимка в $(Sxyz)$ имеет координаты $(x, y, -f)$, где $f > 0$ – фокус камеры, расстояние от центра проектирования до

плоскости снимка, рис. 4.

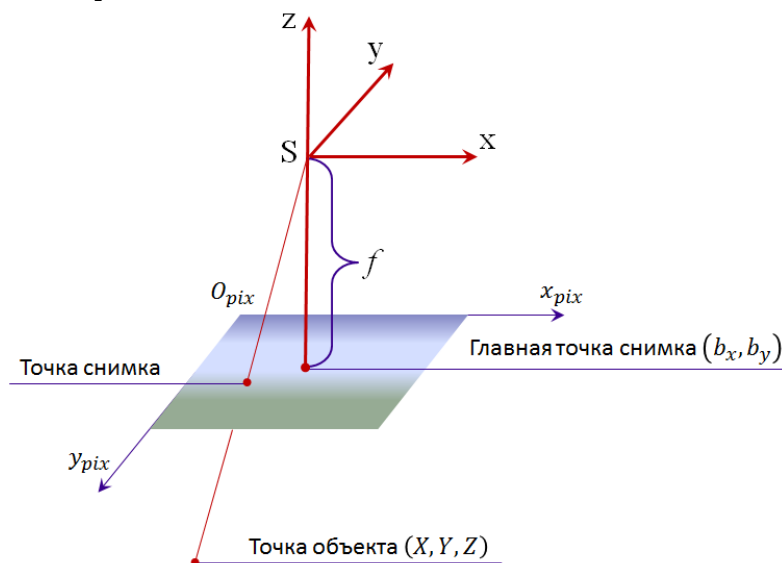


Рис. 4. Геометрическая модель снимка

Ниже приводятся формулы перехода от пиксельных координат $[(x)_{pix}, y_{pix}]$ в пространственные координаты (x, y) [Wiki – Техническое зрение, 2012]:

$$x = m_x(x_{pix} - b_x), \quad (3)$$

$$y = m_y(b_y - y_{pix}), \quad (4)$$

где $m_x \times m_y$ – физический размер пикселя изображения.

Положение снимка относительно $(Sxyz)$ определяется положением точки съёмки и матрицей вращения $R(\varphi, \psi, \vartheta)$ где φ, ψ, ϑ – три последовательных поворота: φ – угол поворота вокруг оси SY , ψ – угол поворота вокруг новой оси OX , ϑ – угол поворота вокруг оси OZ , связанной с камерой.

$$R(\varphi, \psi, \vartheta) = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\varphi\cos\vartheta - \sin\varphi\sin\psi\sin\vartheta & \cos\psi\sin\vartheta & \sin\varphi\cos\vartheta + \cos\varphi\sin\psi\sin\vartheta \\ -\cos\varphi\sin\vartheta - \sin\varphi\sin\psi\cos\vartheta & \cos\psi\cos\vartheta & -\sin\varphi\sin\vartheta + \cos\varphi\sin\psi\cos\vartheta \\ -\sin\varphi\cos\psi & -\sin\psi & \cos\varphi\cos\psi \end{bmatrix},$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{a_{31}}{a_{33}}\right), \quad \psi = -\arcsin(a_{32}), \quad \vartheta = \arctg\left(\frac{a_{11}}{a_{12}}\right).$$

где

(5)

Для нахождения точного положения камеры применяется метод наименьших квадратов минимизации невязок условий коллинеарности [Безменов, 2009] центра проектирования, точки снимка и соответствующей точки объекта.

Реализация и тестирование алгоритма совмещения

Реализация предлагаемого фотограмметрического метода совмещения была выполнена в среде Visual Studio 2010 в виде оконного

приложения на языке C# с использованием библиотек WPF версии 4.0. На рис. 5 приводится кадр работы программы:

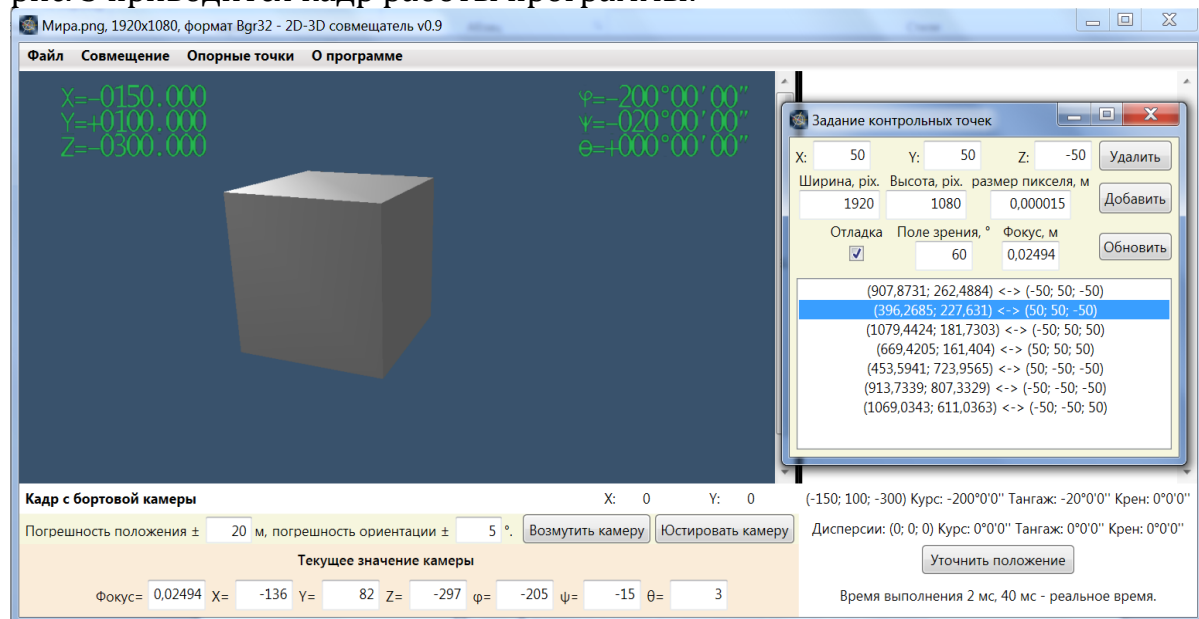


Рис. 5. Пример работы программы, реализующей предлагаемый метод совмещения

Метод тестировался на синтезированном изображении, для которого известно точное положение и ориентация камеры. В режиме тестирования задаются известные по 3D модели координаты вершин, размер изображения в пикселях, физический размер пикселя, поле зрения камеры по ширине изображения в градусах и параметры камеры, которые отображены на загруженном изображении, рис. 5. После описанного ввода и нажатия кнопки «Обновить», вычисляется фокус камеры и непрерывные пиксельные координаты снимка, соответствующие каждой из заданных координаты вершин 3D модели. Далее пользователь возмущает камеру, внося заданные погрешности, после чего нажимая кнопку «Уточнить положение», получает точные значения параметров камеры, которые отображены в кадре, открытом в описанной программе. Реализованный метод работает на порядок быстрее реального времени (обработка 25 кадров в секунду или 40 мс на кадр): даже при обработке кадра с сотней контрольных точек методу требуется порядка 10^4 операций сложения и умножения.

Применение метода оценки параметров модели на основе случайных выборок для повышения точности совмещения

Так как точность работы метода наименьших квадратов зависит от точности задания опорных точек на цифровом изображении, но не от их количества, то имеет смысл применить для повышения точности определения положения и ориентации метод оценки параметров модели на основе случайных выборок, известный также как RANSAC (*RANdom Sample Consensus*) [Фишлер и Боллес, июнь 1981].

Метод RANSAC случайным образом осуществляет выборку из множества всевозможных четвёрок различных опорных точек (4 - минимальное число опорных точек, необходимое для работы метода) и оценивает дисперсию невязки метода минимизации, выбирая такие точки, для которых суммарная дисперсия по каждой из координат в трёхмерном пространстве минимальна. Таким образом, частично исключается фактор случайной ошибки, связанной с поиском контрольных точек на цифровом изображении. Для проверки эффективности работы метода в различных режимах, RANSAC испытывался на модельных изображениях с 7-ю опорными точками и с 56-ю. Получилось, что RANSAC в среднем в 2 раза эффективнее понижает влияние случайных ошибок при выборе опорных точек на выборке большего размера. Это можно объяснить большей вероятностью встречи на большей выборке набора из четырёх различных опорных точек с минимальной случайной ошибкой.

Точность работы метода совмещения

Точность работы метода зависит от разрешающей способности цифровой камеры, выбора опорных точек, достоверности 3D модели, дальности съёмки и в меньшей степени от точности представления чисел с плавающей точкой в ЭВМ. Точность работы метода проверялась экспериментально. Тестировалось совмещение модельных изображений разрешением 1920x1080, на которых изображён куб с «реальной» длиной ребра в 100 м при условии точности данных 3D модели. Виртуальная камера была размещена на расстоянии в 0,5 км до куба, что соответствует видимому размеру куба порядка 300 x 300 пикселей. В результате удалось уточнить положение и ориентацию камеры с дисперсией по положению до 1,5 м, а по ориентации до 0,1. С применением метода RANSAC дисперсии по положению и ориентации удалось понизить в среднем до 0,7 м и до 0,04 соответственно. Полученное уточнение с применением метода RANSAC почти на порядок точнее стандартных бортовых приборов, которые могут давать погрешность по углам ориентации до [МКБ «КОМПАС», 2013], а по положению до м [Авиация GPS, 2011]. При плохом расположении спутников или слабом сигнале в горной местности возможна ошибка GPS-навигатора вплоть до 100-150 м. К недостаткам спутниковой навигации также можно отнести существенное падение уровня приёма сигнала от спутников из-за очень большой облачности. Нормальному приёму сигналов также могут повредить помехи от многих наземных радиоисточников и от магнитных бурь. Невысокое наклонение орбит GPS серьёзно ухудшает точность в приполярных районах Земли, так как спутники GPS невысоко поднимаются над горизонтом. Существенной особенностью GPS считается полная зависимость условий получения сигнала от министерства обороны США [Авиация GPS, 2011].

Совмещение модельных изображений производится с пиксельной точностью. Если разместить в эксперименте камеру на расстояние в 1 км до куба, то его видимый размер будет уже порядка 150 x 150 пикселей, а

дисперсия уточнения по расстояниям будет уже порядка 4-х метров, ориентации порядка 0,5. Согласно экспериментам, величина дисперсии уточнения положения и ориентации возрастает пропорционально квадрату расстояния до объекта. То есть предлагаемый метод уточнения положения имеет смысл применять при пилотировании не выше 1 км над подстилающей поверхностью.

Заключение

Полученные результаты пока носят предварительный характер и требуют проверки на видеопоследовательностях, полученных с бортовых камер. Для этого планируется использовать 3D модель местности инфраструктуры аэропорта, по которой будут имитироваться показания бортовых камер. Дальнейшая работа также будет посвящена разработке алгоритма поиска структурных соответствий для автоматического нахождения соответствий вершин 3D модели точкам кадра, полученного с бортовой камеры.

Литература

1. [Визильтер, Желтов, 2011] *Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю.*, Проблемы технического зрения в современных авиационных системах, Труды научно-технической конференции-семинара "Техническое зрение в системах управления мобильными объектами - 2010", Выпуск 4 под ред. Р.Р. Назирова, М.: УНИВЕРСИТЕТ КНИЖНЫЙ ДОМ, 2011, стр. 11.
2. [Бондаренко, Бондаренко, Докучаев, 2012] *Бондаренко А.В., Бондаренко М.А., Докучаев И.В.*, Аппаратная реализация бортовой автономной системы улучшенного и синтезированного зрения мобильной техники, сборник трудов научно-технической конференции "Техническое зрение в системах управления - 2012", под ред. Р.Р. Назирова, М.: МЕХАНИКА. УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАТИКА, 2012, стр. 95.
3. [Wiki – Техническое зрение, 2012] Цифровая фотограмметрия и бесконтактные измерения [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Цифровая_фотограмметрия_и_бесконтактные_измерения
4. [Безменов, 2009] *Безменов В.М.* ФОТОГРАММЕТРИЯ. Построение и уравнивание аналитической фототриангуляции, Казань, 2009, стр. 36.
5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL http://old.kpfu.ru/f6/b_files/fotogramtriang!262.pdf
6. [RTCA DO-315, 2008] «Minimum Aviation System Performance Standard (MASPS) for Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combine Vision Systems and Enhanced Flight Vision Systems», RTCA, Inc, 2008.
7. [Elbit Systems, 2013] EVS фирмы Elbit Systems [Электронный ресурс].
8. Режим доступа: URL <http://www.elbitsystems-us.com/commercial-aviation/products/enhanced-vision-system>
9. [Gulfstream, 2013] EVS фирмы Gulfstream [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL http://www.gulfstream.com/product_enhancements/evs/
10. [Honeywell, 2013] Продукция компании Honeywell [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://aerospace.honeywell.com/products>
11. [Rockwell Collins, 2013] Авиационные интегрированные системы компании Rockwell Collins [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Systems/Integrated_Systems.aspx
12. [Thales, 2013] Продукция компании Thales [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://www.thalesgroup.com>
13. [Max-Viz, 2013] EVS фирмы Max-Viz [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://max-viz.com>
14. [Журнал Avionics Magazine, май 2012] Avionics Magazine, 2012, vol. 52, № 5, pages 30-35.

15. [Авиация GPS, 2011] GPS-приёмники [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://www.vonovke.ru/s/gps>
16. [МКБ «КОМПАС», 2013] Современные авиационные радиоконпасы [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL <http://mkb-kompas.ru/index.php?page=bazovye-modeli-avtomaticheskikh-kompasov-ark>
17. [Фишлер и Боллес, июнь 1981] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles (June 1981). «Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography». Comm. Of the ACM 24: 381–395.

Ведякова А.О.

СПбГУ, аспирант факультета, ПМ-ПУ, vediakova@gmail.com

Идентификация математической модели судна с использованием нейронной сети при учете внешних возмущений

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Математическая модель, нейросетевой подход, морское судно, возмущения, линеаризация.

АННОТАЦИЯ:

Решается задача нахождения коэффициентов линейной математической модели морского судна в условиях гармонического внешнего возмущения с использованием нейросетевого подхода.

На базе информации о векторе состояния нелинейной модели и его производной, выполняется идентификация нелинейной модели судна. При этом формируется статическая нейронная сеть, которая аппроксимирует векторную функцию, стоящую в правой части системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику судна. Затем сформированная модель, включающая нейронную сеть, линеаризуется, в результате чего определяются коэффициенты линейной модели динамики судна.

Введение

При исследовании и проектировании сложных динамических объектов необходимо иметь соответствующие математические модели. В большинстве случаев при описании динамики объекта, в частности морского надводного судна, в качестве математической модели рассматривается система обыкновенных дифференциальных или разностных уравнений, включающих в себя возмущающее воздействие окружающей среды.

Динамика морского подвижного объекта (МПО) обладает рядом особенностей, затрудняющих построение его точной математической модели. К ним относятся нестационарность, связанная с изменением загруженности МПО, нелинейность уравнений динамики, параметрическая неопределенность, например, в случае с присоединенными массами воды или моментами инерции, которые невозможно рассчитать заранее.

Условия внешней среды, при которых приходится решать задачи судовождения, разнообразны. В общем случае на судно действуют ветровые, волновые возмущения и течения. Следовательно, выработка управляющих воздействий зависит от величины и углов набегания волн,

углов действия ветра, а также от направления подводного течения. При построении математической модели динамики объекта управления принято выделять возмущающее воздействие в виде аддитивной составляющей. Пренебрежение возмущением в системе зачастую приводит к неустойчивости и неадекватности поведения модели по отношению к динамике реального объекта. Необходимо отметить, что внешние возмущения, действующие на морское судно, в большинстве своем носят нестационарный характер, так, например, порывы ветра со временем изменяют свое направление и интенсивность. Компенсация внешних возмущающих воздействий, приложенных к системе, является одной из важнейших задач теории автоматического управления.

В большинстве работ, посвященных компенсации возмущающего воздействия, предполагается, что возмущение имеет некоторый заранее заданный вид. Во многих работах считается, что вектор возмущающего воздействия представим в виде мультигармонического сигнала [4, 8].

При решении задач, для которых сложно указать четкий алгоритм решения, с успехом применяется теория искусственных нейронных сетей, которая уже нашла свое применение в различных сферах деятельности человека: в медицине, бизнесе, науке и технике. Нейронные сети проявили свою состоятельность при решении широкого класса задач, таких как распознавание образов, аппроксимация, классификация, идентификация, прогнозирование и пр.

В данной работе предлагается рассмотреть нейросетевой подход к параметрической идентификации линейной модели МПО при наличии внешнего возмущения в виде гармонического сигнала.

Математическая модель судна

Математическая модель морского судна, описывающая его боковое движение по курсу и крену, представляет собой следующую систему дифференциальных уравнений [1, 2]

$$\begin{aligned}\dot{V}_x &= \frac{Q_x}{m(1+k_{11})}, \\ \dot{V}_z &= \frac{J_{xx}(1+k_{44})Q_z - mk_{34}N_x}{mJ_{xx}(1+k_{33})(1+k_{44}) - m^2k_{34}^2}, \\ \dot{\omega}_x &= \frac{k_{34}Q_z - (1+k_{33})N_x}{mk_{34}^2 - J_{xx}(1+k_{33})(1+k_{44})}, \\ \dot{\omega}_y &= \frac{N_y}{J_{yy}(1+k_{55})}, \\ \dot{\xi} &= V_x \sin \varphi + V_z \cos \theta \sin \varphi, \\ \dot{\zeta} &= -V_x \sin \varphi + V_z \cos \theta \cos \varphi, \\ \dot{\theta} &= \omega_x, \\ \dot{\varphi} &= \omega_y.\end{aligned}\tag{1}$$

Здесь V_x, V_z и ω_x, ω_y – проекции векторов линейной и угловой скоростей на оси связанной системы координат; ξ – продольное перемещение центра масс по направлению движения; ζ – боковое смещение центра масс; θ – угол крена; φ – угол курса. Через Q_x, Q_z , и N_x, N_y обозначены соответственно проекции на оси связанной системы координат сил и моментов, действующих на судно.

В приведенной системе дифференциальных уравнений (1), описывающих динамику рассматриваемого объекта, для точного измерения доступны лишь физические характеристики судна, а остальные параметры могут быть оценены лишь с некоторой степенью точности. Однако, структура системы (1) сложна для применения классических методов параметрической идентификации. По этим причинам, в данной работе предлагается рассматривать задачу параметрической идентификации линейной модели, а систему нелинейных уравнений (1) использовать для получения входных и выходных сигналов объекта управления.

Рассмотрим движение системы (1) в окрестности нулевого положения равновесия по координатам $V_z, \omega_x, \omega_y, \theta, \varphi$ с постоянной продольной составляющей скорости хода $V_x=10$ м/с и при наличии внешних возмущений, в виде аддитивной составляющей $\sigma=(\sigma_1, \sigma_2)^T$. В качестве управляющего сигнала выступает δ – угол отклонения вертикальных рулей, а наблюдаемыми величинами считаются угол дрейфа $\beta \approx \frac{-V_z}{V_x}$ и угловая скорость по курсу ω

$$\begin{aligned}\dot{\beta} &= a_{11}\beta + a_{12}\omega + b_1\delta + \sigma_1, \\ \dot{\omega} &= a_{21}\beta + a_{22}\omega + b_2\delta + \sigma_2, \\ \dot{\phi} &= \omega, \\ \dot{\delta} &= u.\end{aligned}\tag{2}$$

Пусть управления в системе (2) задается в виде обратной связи $u=K_1\omega+K_2(\varphi-\varphi^*)$, обеспечивающей устойчивость замкнутой линейной системы и отработку некоторой курсовой командной поправки φ^* .

Далее основное внимание уделим первым двум компонентам вектора состояния $X=(\beta, \omega)^T$, которые удовлетворяют следующей системе, представленной в матричном виде

$$\dot{x} = Ax + B\delta + \sigma, \quad x = \begin{pmatrix} \beta \\ \omega \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}, \sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{pmatrix},\tag{3}$$

где A – матрица состояний, B – матрица входов, x – вектор состояния, δ – управляющее воздействие, σ – вектор внешних возмущений.

Архитектура нейронной сети

Предлагается рассмотреть нейросетевой подход для параметрической идентификации линейной математической модели (3). В рассматриваемом подходе искусственная нейронная сеть (ИНС) выступает в качестве аппроксиматора функции $f(\cdot)$ правой части системы дифференциальных уравнений (1), описывающих динамику интересующего объекта

$$\dot{X} = f(t, X, u). \quad (4)$$

Другими словами, задача идентификации математической модели (4) сводится к задаче аппроксимации одномерных функций $f_1(\cdot), \dots, f_n(\cdot)$, являющихся компонентами вектор-функции $f(\cdot)$.

В классической теории аппроксимации, аппроксимирующая функция представляется в виде линейной комбинации $\phi_i(\cdot)$

$$\hat{f}(t) = \sum_{i=1}^N a_i \phi_i(t), \quad (5)$$

где a_i – коэффициенты, а вид функции $\phi_i(\cdot)$ и их количество i выбираются исследователем исходя из особенностей поведения исходной функции $f(\cdot)$. Выражение (5) так же может быть записано в терминах нейронной сети. В таком случае, t – входные данные сети, $\hat{f}(t)$ – результат прохождения входного сигнала через сеть, a_i – весовые коэффициенты, $\phi_i(\cdot)$ – функции активации, причем $\phi_1(\cdot) = \dots = \phi_N(\cdot)$, так как они находятся в одном (первом) слое нейронной сети.

К примеру, при использовании трехслойной нейронной сети прямого распространения в качестве аппроксимирующей функции, выражение (5) модифицируется следующим образом

$$\hat{f}(t) = \sum_{k=1}^{N_3} w_k \phi \left(\sum_{j=1}^{N_2} w_{jk} \psi \left(\sum_{i=1}^{N_1} w_{ij} \theta(t) \right) \right), \quad (6)$$

где $\phi(\cdot), \psi(\cdot), \theta(\cdot)$ – функции активации 3-го, 2-го и 1-го слоев соответственно; w_k, w_{jk}, w_{ij} – неизвестные весовые коэффициенты нейронной сети.

При обучении нейронной сети будем считать, что компоненты вектора состояния X нелинейной математической модели (4) измеряются, а их производные $\dot{X}$ либо измеряются, либо восстанавливаются. Обладая информацией о поведении вектора состояния и его производной, формируются обучающие данные для тренировки нейронной сети. При этом вырабатывается статическая нейронная сеть, которая аппроксимирует векторную функцию $f(\cdot)$, стоящую в правой части системы

дифференциальных уравнений (4).

Одной из широко используемых в задачах аппроксимации архитектур нейронных сетей являются сигмоидальные сети. Существует теорема [9], гарантирующая для двухслойной нейронной сети с сигмоидальным скрытым и линейным выходным слоями успешную аппроксимацию любой непрерывной функции. К сожалению, данная теорема не дает инструкций по количеству нейронов скрытого слоя, необходимых для решения рассматриваемой задачи. С одной стороны, чем больше нейронов находится на скрытом слое сети, тем выше точность аппроксимации. Однако, при достаточно большой размерности скрытого сигмоидального слоя появляется эффект «перетренировки» нейронной сети [7], в данном случае, сеть теряет способность к обобщению и просто запоминает все обучающие примеры, выдавая некорректный результат для неучаствующих в обучении данных. Таким образом, количество нейронов скрытого слоя является еще одним параметром нейронной сети, настраиваемым в ходе исследования.

Выходной сигнал двухслойной нейронной сети, содержащей скрытый сигмоидальный слой и линейный выходной, может быть записан в следующем виде

$$y(x) = \sum_{j=1}^{N_2} a_j \left(\sum_{i=1}^{N_1} \phi(w_{ij}x_i + b_i) \right) + b, \quad (7)$$

где $\phi(\cdot)$ – функция активации скрытого слоя, равная $\phi(x) = (1 + e^{-x})^{-1}$; коэффициенты a_i, b_i, w_{ij} – весовые коэффициенты нейронной сети, настраиваемые в процессе обучения.

При решении задачи идентификации математической модели бокового движения судна по курсу и крену будем предполагать, что структура (1) неизвестна и динамика изучаемого объекта представлена в виде «черного ящика». Считаем, что из всей информации о системе известна лишь ее реакция y на входной сигнал u . Будем считать, что на объект управления действует аддитивное возмущение окружающей среды в виде гармонического сигнала с постоянной частотой.

L1-фильтрация обучающих данных

Построим обучающие данные, промоделировав Simulink-модель, описывающую систему дифференциальных уравнений (1). В качестве возмущающего воздействия была взята гармоника с амплитудой, составляющей 10% от максимального значения полезного сигнала. Результаты моделирования представлены на рисунке 1.

Зашумленный входной сигнал обучающих данных нейронной сети $\mathbf{InputData} = (\delta, V_y, \omega)^T$ не позволяет добиться удовлетворительных результатов обучения нейронной сети. По этой причине необходимо построить вектор состояния невозмущенной системы. Для этих целей

предлагается применить L1-фильтрацию [10] для сигнала **InputData**.

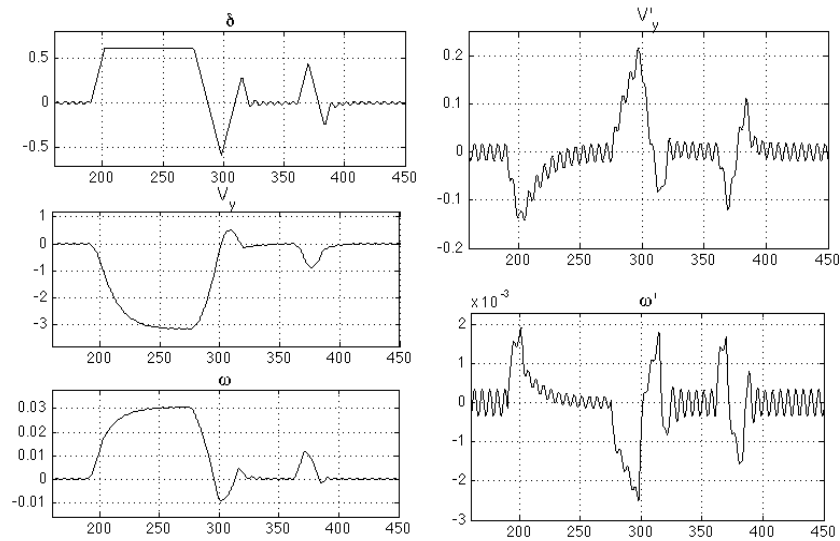


Рисунок 1. Обучающие данные

Метод L1-фильтрации строит сигнал x , по заданному y , обеспечивая минимум следующему функционалу

$$J(x) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^N (y(t) - x(t))^2 + \lambda \sum_{t=2}^{N-2} |x(t-1) - 2x(t) + x(t+1)|, \quad (8)$$

где λ – неотрицательный параметр, разрешающий компромисс между гладкостью сигнала x и величиной среднеквадратического отклонения.

С помощью L1-фильтрации при $\lambda=2$ был получен набор данных, близкий к вектору состояния невозмущенной системы (1). Из рисунка 2 можно заметить, что сигнал, построенный в результате L1-фильтрации, не включает в себя колебательный процесс и может быть использован в обучающих данных в качестве входного сигнала.

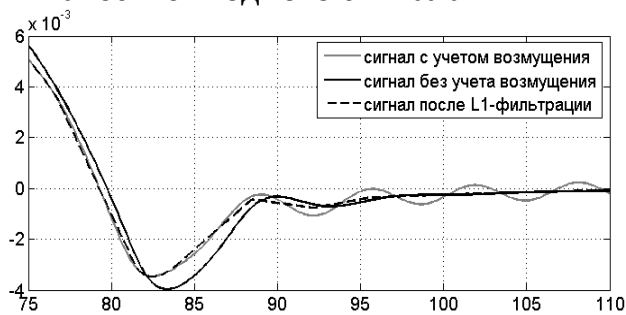


Рисунок 2. Прохождение сигнала через L1-фильтр

Обучение нейронной сети

В качестве обучающего алгоритма нейронной сети в данной работе рассматривается метод градиентного спуска с учетом моментов, а для оценки целевого выхода и выхода нейронной сети – среднеквадратическое отклонение [6]. В виду того, что величины, входящие в выходной сигнал, имеют разный порядок, предлагается проводить обучение нейронной сети

отдельно для каждой компоненты вектор-функции $f(\cdot)$.

Нейронная сеть с различным количеством сигмоидальных нейронов на скрытом слое была обучена на одних и тех же обучающих данных. Результаты исследования представлены на рисунке 3. С ростом количества нейронов сеть стремится сократить расхождение целевого выхода (зашумленного сигнала) с выходом нейронной сети. При этом сеть обучается воспроизводить зашумленные данные [3, 5], что не желательно для решения задачи идентификации. При небольшом количестве нейронов скрытого слоя сеть находит закономерности общего характера, что приводит к сближению выхода нейронной сети и незашумленного сигнала. Такой эффект можно наблюдать на правом нижнем графике рисунка 3, на котором представлено поведение нейронной сети с шестью сигмоидальными нейронами.

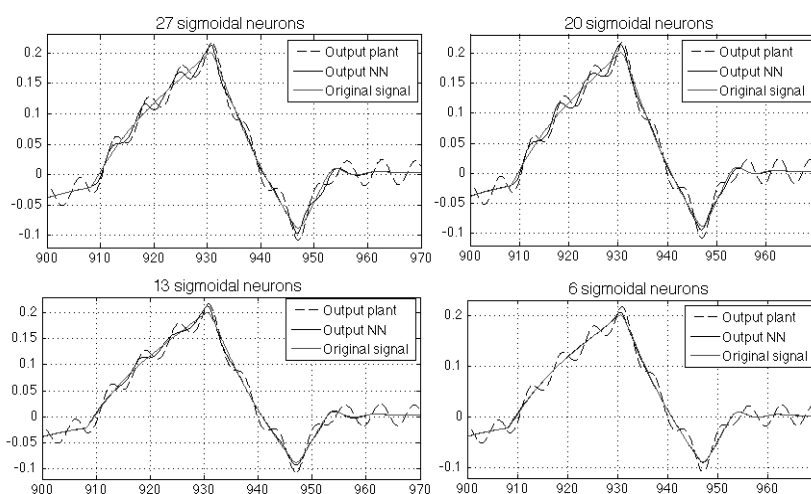


Рисунок 3. Результаты обучения нейронной сети при 27, 20, 13, 6 нейронах на скрытом слое

Таким образом, нейронная сеть с небольшим количеством нейронов скрытого слоя успешно справляется с задачей идентификации функции правой части системы (1). Расхождение выхода нейронной сети и незашумленного поведения системы (1) составляет $\varepsilon = (1,94 \cdot 10^{-6}, 1,165 \cdot 10^{-10})^T$ (разность в порядке величин возникает из-за разного порядка компонент вектора состояния), и, следовательно, обученная нейронная сеть может выступать в качестве функции правых частей $f(\cdot)$.

При линеаризации нейронной сети параметры получившейся модели будут соответствовать компонентам матриц $\mathbf{A}$ и $\mathbf{B}$ системы линейный дифференциальных уравнений (3). В таблице 1 приведены эталонные матрицы линейной модели $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$; $\mathbf{A}_{NN}$, $\mathbf{B}_{NN}$ – матрицы, полученные в результате линеаризации нейронной сети; $\mathbf{A}_{err}$, $\mathbf{B}_{err}$ – относительная погрешность компонент матриц.

Таблица 1. Оценки параметров линейной модели

$A = \begin{pmatrix} -9,6595 \cdot 10^{-2} & -6,9278 \\ -4,7910 \cdot 10^{-3} & -7,1529 \cdot 10^{-1} \end{pmatrix}$	$B = \begin{pmatrix} -1,9539 \cdot 10^{-1} \\ 1,6036 \cdot 10^{-2} \end{pmatrix}$
$A_{NN} = \begin{pmatrix} -9,2441 \cdot 10^{-2} & -7,3163 \\ -4,8599 \cdot 10^{-3} & -7,4472 \cdot 10^{-1} \end{pmatrix}$	$B_{NN} = \begin{pmatrix} -1,9749 \cdot 10^{-1} \\ 1,6186 \cdot 10^{-2} \end{pmatrix}$
$A_{err} = \begin{pmatrix} 4,3013\% & 5,6074\% \\ 1,4384\% & 4,1142\% \end{pmatrix}$	$B_{err} = \begin{pmatrix} 1,0708\% \\ 0,9412\% \end{pmatrix}$

Вывод

В данной работе показывается применимость нейросетевого подхода к задаче идентификации линейной модели динамики судов при учете возмущения внешней среды в виде гармонического сигнала.

Нейронная сеть обучается на зашумленных данных таким образом, что находит основные закономерности в динамике объекта управления без учета возмущения. При этом рассматриваемый подход позволяет отыскивать компоненты матриц линейной модели (3) с допустимой точностью.

Литература

1. Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погожев С.В. Компьютерное моделирование систем управления движением морских подвижных объектов. – СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 370 с.
2. Дмитриев С.П., Пелевин А.Е. Задачи навигации и управления при стабилизации судна на траектории. – СПб.: ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор», 2002. 160 с.
3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.
4. Проскурников А.В., Якубович В.А. Универсальные регуляторы для оптимального отслеживания полигармонических сигналов в системах с запаздыванием. Докл. РАН. 2006. 109-174 с.
5. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика. – М.: «Мир», 1992. 184 с.
6. Федотова А.О. Нейросетевой подход к идентификации линейной модели динамики судов. Процессы управления и устойчивость: Труды 43-й международной научной конференции аспирантов и студентов. Под ред. А.В. Платонова, Н.В. Смирнова. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012.
7. Хайкин С. Нейронные сети. – М.: «Вильямс», 2006. 1104 с.
8. Hou M. Amplitude and frequency estimator of a sinusoid. IEEE Transactions on Automatic Control. — 2005. vol. 50. 855-858 p.
9. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. – М.: Горячая линия- Телеком, 2010. – 496с.
10. Kim, S.-J., Koh, K., Boyd, S., and Gorinevsky, D., "l1 trend filtering," SIAM Review, Vol. 51, No. 2, 2009, pp. 339-360.

Вэй Ян Лвин

Национальный исследовательский университет (МИЭТ), Москва, Россия,
waiyanlwin49@gmail.com

Исследование устойчивости системы управления беспилотным летательным аппаратом алгебраическими методами

В работе представлены результаты поисковых исследований устойчивости системы беспилотного летательного аппарата, направленные на разработку адекватных средств анализа их устойчивости. Линеаризацию данной модели произведем, выделив ряд эталонных режимов полета. Для каждого режима полета существуют максимальные значения углов тангажа и крена, которые БЛА не должен превышать. Данные ограничения зависят как от аэродинамических свойств планера, так и от требований технического задания.

Для данных режимов полета некоторые угловые скорости и угловые ускорения в связанной системе координат меняются несущественно, поэтому их влияние на g_x, g_y может быть учтено в контуре управления как постоянные множители для каждого режима полета. Таким образом, представляется возможным заменить нелинейную модель беспилотной гировертикали (БГ) ее эквивалентной линейной моделью для каждого режима полета, а влияние сигналов на проекции вектора $\vec{g}$ описать следующими передаточными функциями $W_x(p)$, $W_y(p)$ по каждому каналу.

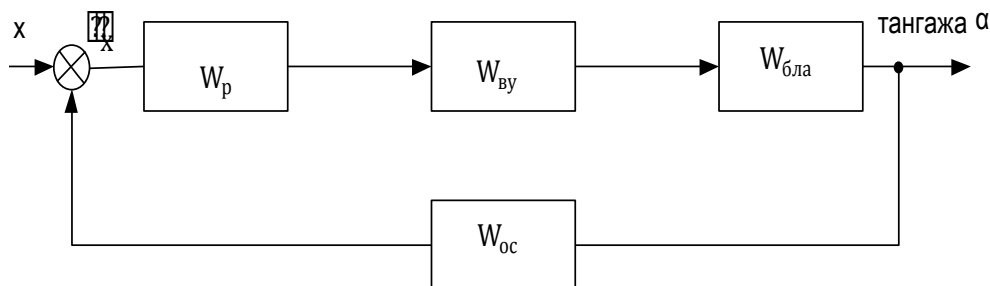


Рис.1 Структурная схема системы управления углом тангажа α .

$$W_x(p) = \frac{W_p \cdot W_{by} \cdot W_{bla}}{1 + (W_p \cdot W_{by} \cdot W_{bla}) \cdot (W_{oc})}, \quad (1)$$

$$W_y(p) = \frac{W_p \cdot W_{by} \cdot W_{bla}}{1 + (W_p \cdot W_{by} \cdot W_{bla}) \cdot (W_{oc})}, \quad (2)$$

где $W_x(p)$, $W_y(p)$, – передаточные функции по каналам проекций g_x , g_y , соответственно, W_{by} - блок вычислительного устройства, W_{bla} -блок беспилотного летательного аппарата(БЛА); W_{oc} -блок обратной связи; ε_x , ε_y -отклонения. Сравниваются сигналы задающих углов x и работающих α , β , вычислительное устройство получает сигнал, и формирует сигнал управления беспилотным летательным аппаратом(БЛА). По цепи обратной

связи передаётся сигнал угла α , β на сравнивающее устройство.

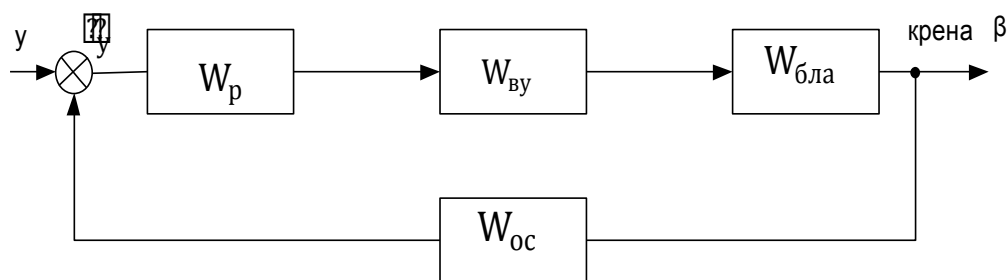


Рис.2 Структурная схема системы управления углом крена β .

Правила преобразования передаточной функции замкнутой системы автоматического управления (САУ) с обратной связью могут быть представлены выражением (1),(2). На рис. 1 и 2. представлены структурная схема и передаточная функция системы автоматического управления (САУ) для управления углом тангажа α и углом крена β .

Коэффициенты передаточных функций определяются выражениями (1) и (2). Таким образом, подставляя в зависимости (1) и (2) значения проекций угловых скоростей ω_x , ω_y , ω_z соответствующих необходимому режиму полета, можно получить линейную корректирующую функцию для этого режима. В такой ситуации большое значение имеют методы, позволяющие, не решая само характеристическое уравнение, определить, будут ли все его корни иметь отрицательную действительную часть, т.е. установить устойчивость системы. Одним из таких методов является критерий Рауса-Гурвица, который содержит необходимые и достаточные условия устойчивости системы.

Рассмотрим снова характеристическое уравнение

$$a_0 \alpha^n + a_1 \alpha^{n-1} + a_2 \alpha^{n-2} + \dots + a_{n-1} \alpha + a_n = 0,$$

описывающее динамическую систему. Заметим, что *необходимое условие устойчивости* выполняется, если все коэффициенты уравнения $a_i > 0$. Поэтому далее считаем, что коэффициент $a_0 > 0$. Запишем так называемую матрицу Гурвица. Она составляется следующим образом. Главная диагональ матрицы содержит элементы $a_1, a_2, \dots, a_n$. Первый столбец содержит числа с нечетными индексами $a_1, a_3, a_5, \dots$. В каждой строке индекс каждого следующего числа (считая слева направо) меньше на 1 индекса предыдущего числа. Все остальные коэффициенты a_i с индексами больше n или меньше 0 заменяются нулями. В результате получаем матрицу, представленную на рисунке 3.

В соответствии с критерием устойчивости *Рауса-Гурвица*: Для того, чтобы все корни характеристического уравнения имели отрицательные действительные части, необходимо и достаточно, чтобы все главные диагональные миноры матрицы Гурвица были положительны при условии $a_0 > 0$: $\Delta_1 > 0$, $\Delta_2 > 0$, ..., $\Delta_n > 0$. Поскольку $\Delta_n = a_n \Delta_{n-1}$, то последнее неравенство можно записать как $a_n > 0$. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица относится к семейству алгебраических критериев. Его удобно

применять для анализа устойчивости систем низкого порядка.

$$\begin{pmatrix} a_1 & a_0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & \vdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \vdots & a_n \end{pmatrix}$$

Рис.3. В результате получаем матрицу

Исследовать на устойчивость нулевое решение $x=0$ уравнения

$$x^{(4)} + 5x''' + 13x'' + 19x' + 10x = 0$$

Составляем характеристический многочлен

$$f(\alpha) = \alpha^4 + 5\alpha^3 + 13\alpha^2 + 19\alpha + 10 = 0$$

Здесь $a_0 = 1$, $a_1 = 5$, $a_2 = 13$, $a_3 = 19$, $a_4 = 10$. Выписываем диагональные миноры Гурвица

$$\Delta_1 = 5 > 0, \Delta_2 = \begin{vmatrix} 5 & 1 \\ 19 & 13 \end{vmatrix} = 46 > 0, \Delta_3 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 \\ 19 & 13 & 5 \\ 0 & 10 & 19 \end{vmatrix} = 424 > 0, \Delta_4 = \begin{vmatrix} 5 & 1 & 0 & 0 \\ 19 & 13 & 5 & 1 \\ 0 & 10 & 19 & 13 \\ 0 & 0 & 0 & 10 \end{vmatrix} = 4240 > 0.$$

Итак, $\Delta_1 > 0, \Delta_2 > 0, \Delta_3 > 0, \Delta_4 > 0$. Следовательно, тривиальное решение $y \equiv 0$ уравнения асимптотически устойчиво.

Вычисление можно, например, организовать так. Составляем сначала старший минор Гурвица Δ_n . По нему легко выписываются все младшие миноры $\Delta_{n-1}, \dots, \Delta_1$. Затем начинаем вычислять последовательно Δ_1, Δ_2 и т.д. Если встретился отрицательный минор, решение неустойчиво и дальнейший подсчет не нужен.

Рассмотрим линейное дифференциальное уравнение n -го порядка с постоянными вещественными коэффициентами $a_0 y^{(n)} + a_1 y^{(n-1)} + \dots + a_n y = 0$.

Его характеристическое уравнение $f(\lambda) = a_0 \lambda^n + a_1 \lambda^{n-1} + \dots + a_n = 0$.

Критерий Михайлова позволяет решить вопрос о расположении корней характеристического уравнения на комплексной плоскости и, следовательно, решить вопрос об устойчивости нулевого решения уравнения. Полагая $\lambda = i\omega$, $f(i\omega) = u(\omega) + iv(\omega)$, где

$$u(\omega) = a_n - a_{n-2}\omega^2 + a_{n-4}\omega^4 - \dots, \quad v(\omega) = a_{n-1}\omega - a_{n-3}\omega^3 + \dots$$

Величину $f(i\omega)$ при заданном значении параметра ω можно изобразить в виде вектора на комплексной плоскости с началом в начале координат.

При изменении ω в интервале $(-\infty, +\infty)$ конец этого вектора опишет некоторую кривую так называемую кривую Михайлова рис.4. Так как функция $u(\omega)$ четная, то кривая Михайлова симметрична относительно оси Ou и поэтому достаточно строить часть кривой, отвечающую изменению параметра ω от 0 до $+\infty$.

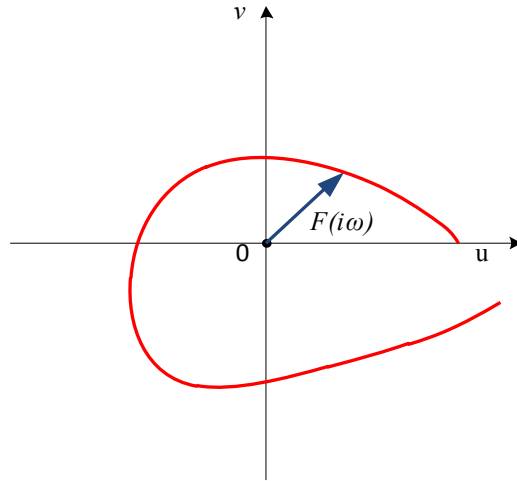


Рис.4. Характеристическую кривую Михайлова

Если многочлен $f(\lambda)$ степени n имеет m корней с положительной вещественной частью и $n - m$ корней с отрицательной, то угол φ поворота вектора $f(i\omega)$ при изменении ω от 0 до $+\infty$ равен $\varphi = (n - 2m) \frac{\pi}{2}$.

Ясно, что для устойчивости решения уравнения необходимо и достаточно, чтобы $m = 0$.

Исследовать на устойчивость нулевое решение $y \equiv 0$ уравнения

$$y^{(4)} + y''' + 4y'' + y' + y = 0.$$

Составляем характеристический многочлен $f(\lambda) = \lambda^4 + \lambda^3 + 4\lambda^2 + \lambda + 1$.

Далее,

$$f(i\omega) = \omega^4 - i\omega^3 - 4\omega^2 + i\omega + 1,$$

$$u(\omega) = \omega^4 - 4\omega^2 + 1,$$

$$v(\omega) = \omega^3 + \omega = \omega(1 - \omega)(1 + \omega).$$

Посмотрим кривую рис. 6 $\begin{cases} u = u(\omega), \\ v = v(\omega), \end{cases} 0 \leq \omega < +\infty.$

ω	0	$\sqrt{2 - \sqrt{3}}$	1	$\sqrt{2 + \sqrt{3}}$
u	1	0	-2	0
v	0	3	0	-

Угол поворота радиуса-вектора $\varphi = 4 \cdot \frac{\pi}{2} = (n - 2m) \frac{\pi}{2}$. Отсюда $n - 2m = 4$ и так как $n = 4$, то $m = 0$, т.е. все корни характеристического уравнения лежат в левой полуплоскости. Значит, тривиальное решение $y \equiv 0$ асимптотически устойчиво.

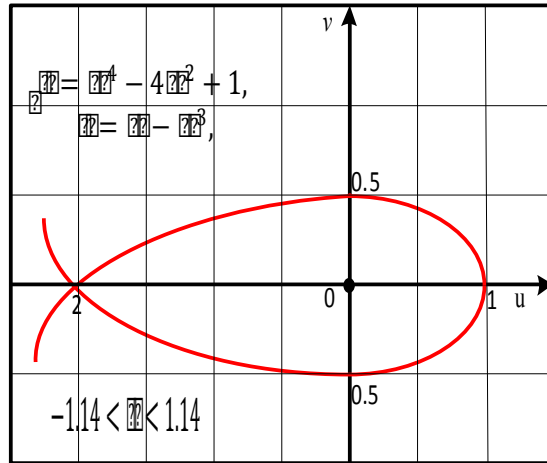


Рис.6. Графические характеристики устойчивости

Рассмотренные режимы полета являются частными случаями движения беспилотного летательного аппарата. В общем виде, используя передаточные функции $W_x(p)$, $W_y(p)$ и учитывая значения угловых скоростей ω_x , ω_y , ω_z можно использовать бесплатформенную гировертикаль (БГ) на всех режимах полета (не выделяя типовые режимы), а также для полета при возникновении сильных воздушных возмущений.

Представление систем с переменным входа-выхода имеет в основном технические преимущества: исследователь имеет дело с физическими переменными не только в конечном результате, но и на промежуточных этапах, и зачастую имеет возможность сопровождать теоретическое исследование экспериментом. Но при таком представлении математические описания различных систем и блоков даже в линейном случае получают разнотипными в зависимости от порядков числителей и знаменателей их передаточных функций.

Более единообразное и удобное по форме математическое описание динамических систем с помощью дифференциальных уравнений можно получить, если ввести вместо некоторых (или всех) выходных переменных $y(t)$ другие переменные $x(t) \in R^n$, получившие название переменных состояния. Описание системы в этих переменных дается системой дифференциальных уравнений первого порядка, разрешенных относительно первых производных, т. е. уравнений в форме Коши:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad x_0(t) = x(t_0), \quad t = (t_0, \infty), \quad (3)$$

где $x(t) = |x_1(t) \ x_2(t) \ \dots \ x_{n-1}(t) \ x_n(t)|^T$ – вектор состояний объекта управления;

компоненты вектора $x_1, x_2, \dots, x_n$ – переменные состояния.

A – матрица размерности $(n \times n)$ с элементами:

$$A = \{a_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}\}, \quad (4)$$

B – вектор-столбец размерности $(n \times 1)$ с элементами: $B = \{b_i, i = \overline{1, n}\}.$

Эта форма имеет ряд преимуществ с точки зрения аналитических исследований: она позволяет облегчить и унифицировать доказательства ряда теорем, получить однотипные алгоритмы для исследований и вычислений динамических показателей в системах различных порядков и т. д.

Уравнения (3) и (4) должны быть эквивалентными в том смысле, что, зная решение одного из них, можно однозначно получить решение другого. Для этого переменные $x(t)$ и $y(t)$ должны быть, прежде всего, связаны однозначной функциональной зависимостью:

$$y(t) = c^T x(t). \quad (5)$$

Должны также выполняться условия существования решений, а для большинства практических задач также условия их единственности. Число переменных состояния $x_i(t)$ должно равняться порядку n уравнения (в линейном случае — порядку знаменателя передаточной функции.) Условия существования и единственности решений выполняются, если $u(t)$ — кусочно-непрерывные функции, а функции $f(\cdot)$ удовлетворяют условиям Коши — Лифшица.

Переход от уравнений с переменными входа-выхода к уравнениям с переменными состоянием неоднозначен: выполняя различные преобразования, для одной и той же системы можно получать различные значения матриц A, B , соответствующие различным базисам векторного пространства состояний.

Рассмотрим нормальную форму, в основе которой лежит преобразование $y(t) = x_1(t)$. В соответствии с данным преобразованием другие элементы уравнения (4) имеют вид:

$$y(t) = x_1(t), \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{dy(t)}{dt} = x_2(t) = \dot{x}_1(t), \\ \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = x_3(t) = \dot{x}_2(t), \\ \dots\dots\dots \\ \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} = x_n(t) = \dot{x}_{n-1}(t), \\ \frac{d^n y(t)}{dt^n} = \dot{x}_n(t). \end{array} \right. \quad (6)$$

Разрешив последнее уравнение из (3) относительно $\frac{dy^n(t)}{dt^n}$ и записав уравнения (3) через переменные $x_i(t), i = 1, n$, можно получить систему:

$$\begin{cases}
x_2(t) = \dot{x}_1(t), \\
x_3(t) = \dot{x}_2(t), \\
\ldots \\
x_n(t) = \dot{x}_{n-1}(t), \\
\frac{d^n y(t)}{dt^n} = \dot{x}_n(t) = -a_1 \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} - a_2 \frac{d^{n-2} y(t)}{dt^{n-2}} - \ldots - a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} - a_n y(t) + bu(t).
\end{cases} \Rightarrow
\begin{cases}
\dot{x}_1(t) = x_2(t), \\
\dot{x}_2(t) = x_3(t), \\
\ldots \\
\dot{x}_{n-1}(t) = x_n(t), \\
\dot{x}_n(t) = -a_1 \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} - a_2 \frac{d^{n-2} y(t)}{dt^{n-2}} - \ldots - a_{n-1} \frac{dy(t)}{dt} - a_n y(t) + bu(t).
\end{cases} \quad (7)$$

Система дифференциальных уравнений (4) первого порядка представляет собой математическую модель в пространстве состояний. Матричную форму системы (4) можно получить, введя в рассмотрение вектор переменных состояний $x(t) = [x_1(t) \ x_2(t) \ \ldots \ x_{n-1}(t) \ x_n(t)]^T$:

$$\begin{cases}
\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \\ \vdots \\ \dot{x}_{n-1}(t) \\ \dot{x}_n(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & \ldots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \\ \vdots \\ x_{n-1}(t) \\ x_n(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ b \end{bmatrix} u(t), \\
y(t) = [1 \ 0 \ \ldots \ 0] x(t) = [x_1(t) \ x_2(t) \ \ldots \ x_{n-1}(t) \ x_n(t)]^T.
\end{cases} \quad (8)$$

Введя обозначения:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \ldots & 0 & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & \ldots & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ b \end{bmatrix}, \quad c^T = [1 \ 0 \ \ldots \ 0],$$

можно переписать (5):

$$\begin{cases}
\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \\
y(t) = c^T x(t)
\end{cases} \quad x_0(t) = x(t_0), \quad t = (t_0, \infty), \quad (9)$$

где t – непрерывное время;

t_0 – начальное время;

$x(t) \in R^n$ – вектор состояний объекта управления;

$u(t) \in R^1$ – управление;

A – матрица размерности $(n \times n)$ с элементами:

$$A = \{a_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}\},$$

B – вектор–столбец размерности $(n \times 1)$ с элементами:

$$B = \{b_i, i = \overline{1, n}\},$$

c^T – вектор наблюдаемости.

Система является матричной формой описания математической модели объекта в пространстве состояний.

Для нашего случая переход от математической модели вида выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \\ y(t) = c^T x(t) \end{cases} \quad (10)$$

$$A = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{vmatrix}; \quad B = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ b \end{vmatrix}; \quad C^T = [1 \quad 0 \quad 0], \quad (11)$$

где $a_3 = 0$; $a_2 = -1/T^2$; $a_1 = -2\xi T/T^2$; $b = kT$.

При решении поставленной задачи в структуре контура САУ БПЛА наиболее удобно использовать аналоговую, линеаризованную модель БГ. Единственным цифровым элементом указанной системы является блок, реализующий фильтр Винера, т.к. он основан на рекуррентной зависимости:

$$X_{i+1} = \tau X_i \times \Omega_i + X_i + K(A_{i+1} - \tau X_i \times \Omega_i - X_i), \quad (12)$$

где $i \in N$ – шаг работы фильтра Винера;

$X_i = [\hat{g}_{x,i} \quad \hat{g}_{y,i} \quad \hat{g}_{z,i}]^T$ – вектор оцененных значений вектора

ускорения свободного падения земли $\bar{g} = [g_x \quad g_y \quad g_z]^T$;

g_x, g_y, g_z – проекции вектора $\bar{g}$ на оси связанной системы координат;

τ – шаг дискретизации курса вертикали;

$\Omega_i = [\omega_{x,i} \quad \omega_{y,i} \quad \omega_{z,i}]^T$ – показания ДУС на i -ом шаге работы

фильтра Винера;

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – проекции вектора угловой скорости вращения БПЛА на оси связанной системы координат;

$$K = \begin{bmatrix} k & 0 & 0 \\ 0 & k & 0 \\ 0 & 0 & k \end{bmatrix} - \text{коэффициент передачи фильтра Винера; } k = \text{const;}$$

$A_i = [n_{x,i} \ n_{y,i} \ n_{z,i}]^T$ - показания акселерометров на i -ом шаге работы фильтра Винера;

n_x, n_y, n_z - проекции вектора кажущегося ускорения БПЛА на оси связанной системы координат;

Для того чтобы получить аналоговую модель системы перепишем

$$\frac{X_{i+1} - X_i}{\tau} + \frac{K}{\tau} X_i = (X_i \times \Omega_i)(1 - K) + \frac{K}{\tau} A_{i+1}$$

выражение (3) в виде:

Переходя к пределу при $\tau \rightarrow 0$, получим дифференциальное уравнение аналоговой модели БГ:

$$\frac{dX}{d\tau} + \frac{K}{\tau} X_i = (X_i \times \Omega_i)(1 - K) + \frac{K}{\tau} A \quad (13)$$

Используя уравнение (3), легко получить структурную схему аналоговой модели БГ (Рис.3)

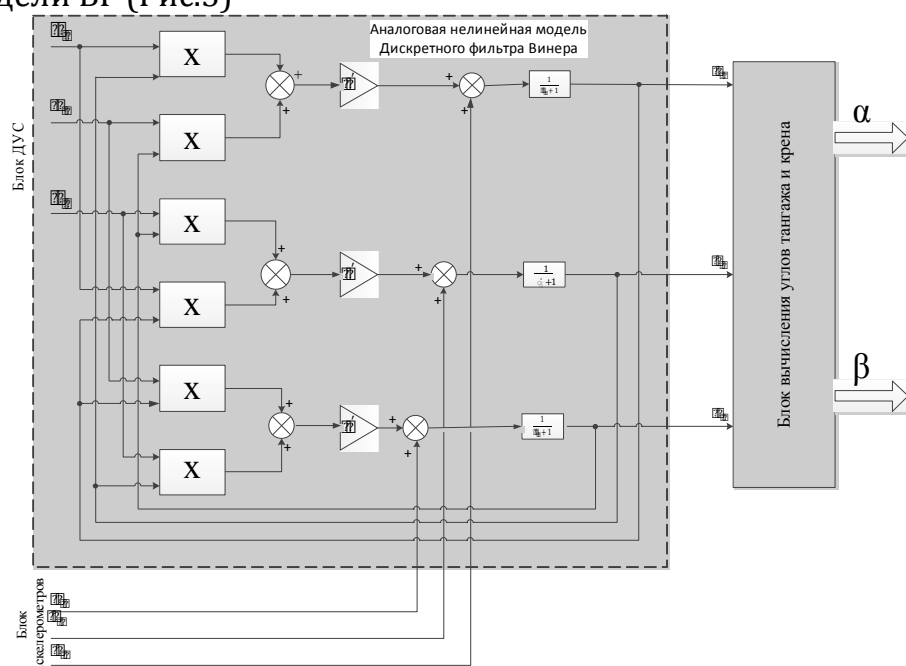


Рис. 3. Структурная схема аналоговой нелинейной модели БГ

$$T = \frac{\tau}{K}; \quad k' = \frac{\tau}{K}(1 - K) \quad (14)$$

Блок вычисления углов определяет углы тангажа и крена по известным зависимостям:

$$\alpha = \arctg x \left[\frac{g_x}{\sqrt{g_y^2 + g_z^2}} \right], \quad \beta = \arctg \left[\frac{g_z}{g_y} \right], \quad (15)$$

где α, β - углы тангажа и крена, g_x, g_y, g_z - проекции вектора $\bar{g}$ на оси связанной системы координат.

Линеаризацию данной модели произведем, выделив ряд эталонных режимов полета. Для каждого режима полета существуют максимальные значения углов тангажа и крена, которые БПЛА не должен превышать. Данные ограничения зависят как от аэродинамических свойств планера, так и от требований технического задания. Для БПЛА TwinStarII значения углов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Режимы полета БПЛА TwinStarII

Режим полета	Значение изменения входного сигнала	
	Тангаж	Крен
Набор высоты	[0...20]	$\left[\begin{smallmatrix} 238 \\ 93 \end{smallmatrix} 5 \right]$
Прямолинейный полет	[-2...10]	$\left[\begin{smallmatrix} 238 \\ 93 \end{smallmatrix} 5 \right]$
Плоский разворот	[-2...10]	$\left[\begin{smallmatrix} 238 \\ 93 \end{smallmatrix} 5 \right]$
Координированный разворот	[-5...10]	$\left[\begin{smallmatrix} 238 \\ 93 \end{smallmatrix} 25 \right]$
Посадка	[-15...2]	$\left[\begin{smallmatrix} 238 \\ 93 \end{smallmatrix} 5 \right]$

Для данных режимов полета некоторые угловые скорости и угловые ускорения в связанной системе координат меняется не существенно, поэтому их влияние на g_x, g_y, g_z может быть учтено в контуре управления как постоянные множители для каждого режима полета.

В данной работе мы разработали условия устойчивости системы управления беспилотным летательным аппаратом, путем линеаризации полной системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику объекта управления с учетом вида движения и режима полета в двух направлениях. Также при использовании сигналов с ДУС при расчете коэффициентов корректирующих передаточных функций, можно использовать БГ не выделяя типовые (эталонные) режимы полета.

Литература

1. В.А. Боднер. Система управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973.
2. М. Н. МАШНИН. Компенсация ускорений, действующих на систему ориентации на борту малоразмерного беспилотного летательного аппарата. ФБГОУ ВПО Тульский государственный университет, Тула, 1985.
3. В.Г. Воробьев, С.В. Кузнецов. Автоматическое управление полетом самолетов. М.: «ТРАНСПОРТ» 1995.

Лепихин Т.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, LepikhinTA@gmail.com

Использование мобильных роботов в учебном процессе

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Робот, учебный процесс, теория управления, обработка сигналов.

АННОТАЦИЯ:

С каждым годом повсюду появляется все большее количество разнообразных механизмов, в частности роботов, которые могут ездить, ползать, ходить и даже летать. Все это множество устройств требует развития существующих и создания новых алгоритмов в области теории управления, теории обработки сигналов, изображений, видео- и аудиопотоков. В связи с этим, и чтобы образование было современным, необходимо внедрять в обучение взаимодействие с подобными технологиями.

В статье затрагиваются вопросы использования мобильных роботов в учебном процессе.

Виды мобильных роботов

Существующие мобильные роботы можно разделить на несколько групп по типу движения:

1. Антропоморфные роботы (человекоподобные, шагающие на двух ногах);
2. Паукообразные роботы (шагающие на нескольких ногах/конечностях);
3. Колесные/гусеничные роботы (от 2 и более колес, от 2 и более гусениц, их комбинации);
4. Летящие роботы (вертолето-подобные (n-коптеры), самолетоподобные).

Все подобные устройства могут широко применяться в учебном процессе. Рассмотрим подробнее совокупность задач, которые могут быть поставлены и решены с помощью таких роботов:

1. Теория математического моделирования и теория управления:
 - формирование математических моделей движущихся объектов;
 - синтез стабилизирующих законов управления;
 - решение оптимизационных задач с учетом различных критериев;
 - синтез адаптивных законов управления и управления с прогнозом.
2. Системы сбора и обработки данных:
 - настройка системы сбора и обработки данных, настройка интерфейсов;
 - виды сенсоров. Типы сигналов и особенности их обработки;

- фильтрация шумов.
- 3. Вопросы теории распознавания визуальной, аудио-, видеоинформации:
- изучение методов распознавания изображений;
- обработка звука и видео.
- 4. Вопросы реализации алгоритмов в режиме реального времени.
- 5. Вопросы дистанционного управления мобильной техникой:
- сетевые технологии беспроводной передачи данных;
- разработка приложений под смартфоны для управления мобильной техникой.
- 6. Вопросы исследования и проектирования цифровых систем.

Используемые в обучении роботы

В настоящее время, в рамках учебного процесса, а также научной деятельности, проводимых на факультете Прикладной математики – процессов управления, уже используются и планируются к использованию следующие мобильные роботы:

1. Антропоморфный робот Futaba RBT-1 «Вася» (рис. 1):

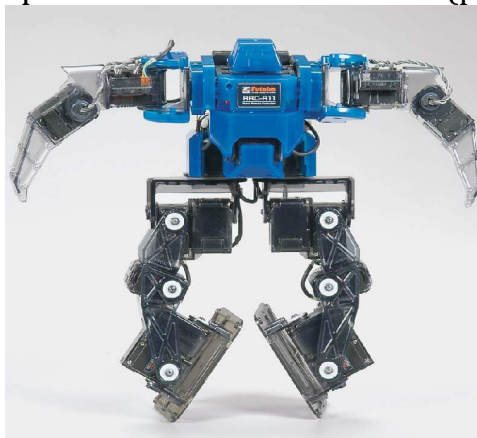


Рис. 1 Антропоморфный робот Futaba RBT-1

В рамках изучаемых на факультете дисциплин для такого робота ставится задача несколько особо важных задач. Первая и наиболее важная задача – это стабилизация прямолинейного движения робота. Здесь важным условием является то, чтобы робот мог нести на себе датчики измерения расстояния или камеру для распознавания встречаемых препятствий. Сложность решения задачи стабилизации состоит в большом количестве сочленений механизмов андроида. Вторая задача состоит в непосредственном определении встречаемых роботом препятствий и формировании соответствующих алгоритмов реагирования.

2. Мобильная гусеничная платформа (рис. 2):



Рис. 2. Гусеничная платформа DFRobot

Такой вид робота намного удобнее в плане стабилизации движения, поскольку его движение, по сути, ограничено плоскостью. Следовательно, разумно устанавливать здесь всевозможные датчики, которые чувствительны к ориентации в пространстве, т.е. различного рода камеры и сенсоры измерения расстояния и скорости, а также акселерометры.

3. Мобильный робот «Spy Tank» (рис. 3):



Рис. 3. Мобильный робот Spy Tank

При работе с мобильным роботом Spy Tank особая роль уделяется задачам обработки видеоинформации, поскольку на платформе присутствует штатная камера, а также вопросам беспроводной передачи данных в силу наличия WiFi-модуля. Следовательно, также можно ставить задачи адаптивного управления и обработки больших объемов поступающей с датчиков информации. Поскольку с помощью модуля беспроводной сети представляется возможным передать данные с датчиков на мощный компьютер, обработать там, сформировав собственно алгоритм управления или его адаптивные части и передать обратно в контроллер робота.

4. Квадрокоптер (рис. 4):



Рис. 4. Квадрокоптер

5. Гексакоптер (рис. 5) (в состоянии сборки):



Рис. 5. Гексакоптер

Приведенные два летальных аппарата относятся к классу вертолетоподобных мобильных роботов, именуемых в современной литературе коптерами. Первым приведен квадрокоптер, вторым – гексакоптер.

Основные отличия этих роботов носят конструктивный характер и состоят в количестве ведущих двигателей и их расположении на несущей раме. Кроме приведенных коптеров существует еще целый ряд подобных летающих роботов, а именно: Х-коптеры, Y-коптеры и собственно N-коптеры. Квадрокоптер одновременно относится и к Х-коптерам и к N-коптерам. Рассмотрим особенности расположения двигателей. Как в Х-коптерах, так и в Y-коптерах двигатели расположены на краях рамы. Например, в случае Х8-коптера и Y6-коптера двигатели располагаются по краям несущей рамы сверху и снизу, т.е. один винт смотрит вверх, а другой вниз. Рамы так называемых N-коптеров обычно представляют собой правильные N-угольники с четным числом вершин.

Кроме конструктивных отличий такие летательные аппараты имеют отличия в динамике, надежности и управляемости. Так, например, гексакоптер является, несомненно, более надежным аппаратом, ввиду избыточности двигателей, но, тем не менее, сложнее управляемым из-за большей размерности вектора управления. С другой стороны Y6-коптер по надежности опережает гексакоптер, однако его математическая модель несколько сложнее из-за двойной направленности воздушных потоков от

двигателей.

Рассмотрим вариант построения системы управления летательным аппаратом на примере вращательного движения гексакоптера.

Пример системы управления летательным аппаратом

Чтобы сформировать систему управления движением летательного аппарата, необходимо определить математическую модель движения управляемого объекта. Остановимся на примере вращательного движения гексакоптера.

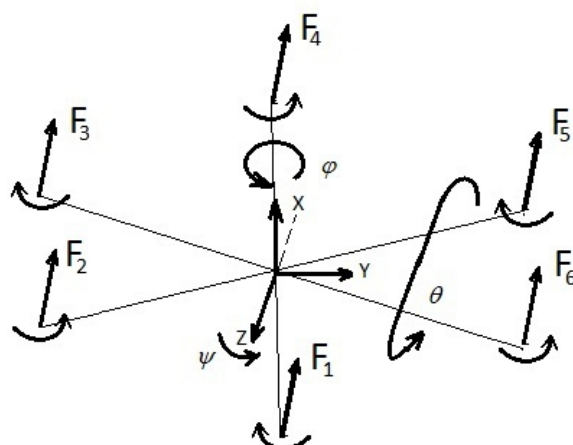


Рис. 6. Схема гексакоптера

Исходная математическая модель носит нелинейный характер. Исследование нелинейностей – это крайне сложная тема, ввиду наличия трудностей, связанных с обеспечением устойчивости таких систем. Поэтому обычно для синтеза закона управления используют математические модели, полученные путем линеаризации нелинейных систем в окрестности положения равновесия.

Рассмотрим линейную систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих вращательное движение гексакоптера вида (1):

$$\dot{\mathbf{x}} = A\mathbf{x} + B\mathbf{u}, \quad (1)$$

где вектор состояний имеет вид $\mathbf{x} = (\varphi, \dot{\varphi}, \theta, \dot{\theta}, \psi, \dot{\psi})$, а вектор управления $\mathbf{u} = (\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3, \Omega_4, \Omega_5, \Omega_6)$.

Обозначим: $b_{42} = b_{43} = -b_{45} = -b_{46} = \frac{2bl}{I_x}\Omega$, $b_{51} = -b_{54} = -\frac{2bl}{I_y}\Omega$,
 $b_{61} = b_{63} = b_{65} = -\frac{2dl}{I_z}\Omega$, $b_{62} = b_{64} = b_{66} = \frac{2dl}{I_z}\Omega$, тогда матрицы A, B линейной системы принимают вид:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{42} & b_{43} & b_{44} & 0 & 0 \\ b_{51} & 0 & 0 & b_{54} & 0 & 0 \\ b_{61} & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & b_{66} \end{pmatrix}$$

Синтез закона управления осуществляется в виде линейной обратной связи по вектору состояния с учетом заданного командного сигнала в виде (2):

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0) \quad (2)$$

где заданный командный $\mathbf{x}_0$ сигнал представляет собой начальное отклонение по углу курса, тангажа и крена на $30^\circ, 30^\circ, -12^\circ$ соответственно.

При формировании закона управления (2) вводится функционал качества желаемого переходного процесса. В качестве такого функционала в данной задаче ввели время переходного процесса, т.е. поставлена задача оптимизации по быстродействию.

В результате решения задачи синтеза регулятора получили следующие переходные процессы, которые представлены на рис. 7, 8, 9.

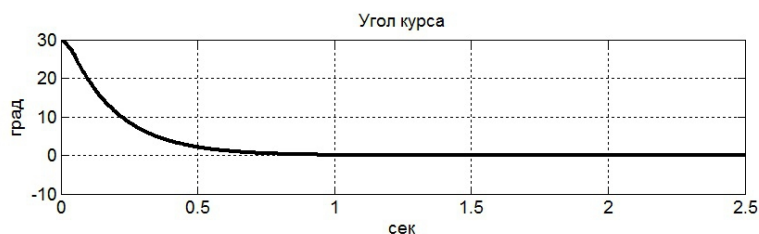


Рис. 7. Перевод гексакоптера по курсу из положения 30° в нулевое положение равновесия

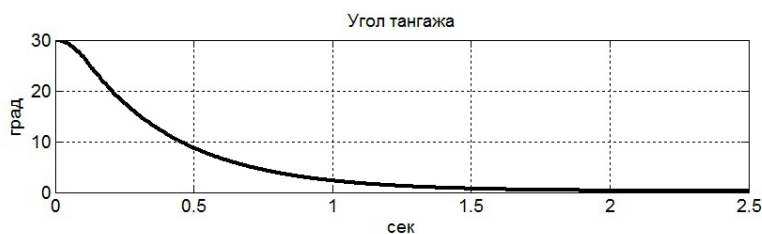


Рис. 8. Перевод гексакоптера по тангажу из положения 30° в нулевое положение равновесия



Рис. 9. Перевод гексакоптера по крену из положения -12° в нулевое положение равновесия

Заключение

Все приведенные в статье мобильные роботы внедрены в учебный и научный процесс факультета Прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета в следующих дисциплинах подготовки магистров направления 010300 «Фундаментальные информатика и информационные технологии», учебный план «Автоматизация научных исследований»:

1. Автоматизированные системы сбора и обработки данных.
2. Алгоритмические основы распознавания изображений.
3. Введение в задачи исследования и проектирования цифровых систем.
4. Устойчивость движений дискретных динамических систем.
5. Математические методы цифровой обработки сигналов.

Никифоров О.Ю.¹, Никифорова Е.И.²

¹ Вологодский государственный педагогический университет, начальник отдела информатизации и КТ, sol_hute_ii@mail.ru

² Вологодский государственный технический университет, магистрант, kata-koksharova@mail.ru

Структура и показатели качества работы автоматизированной системы управления кадровыми ресурсами органов государственной власти

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Показатель качества, структура работы, АСУ, орган власти, нечеткие множества.

АННОТАЦИЯ:

Разработка и внедрение современных автоматизированных информационных систем управления кадровыми ресурсами органов государственной власти является актуальным направлением в области исследования информационных систем, поскольку объективная потребность в автоматизации подобных задач возникла сравнительно недавно. В данной статье рассмотрена модель автоматизированной информационной системы управления кадровыми ресурсами органов государственной власти, использующая элементы нечетких множеств и приводится оценка критерия для анализа качества работы и внедрения подобных систем.

Формирование новой парадигмы современного российского государственного управления, реформирование системы государственной службы РФ и ее аппарата трудно реализовать без масштабного обновления руководящих кадров молодыми высококвалифицированными специалистами. Оперативное и эффективное обеспечение кадрами органы государственной власти возможно только при использовании института кадрового резерва.

Среди проблем управления кадровым резервом на государственной гражданской службе в специализированной литературе выделяют следующие: качество подготовки кандидатов в кадровый резерв, что оказывает прямое влияние на их социальную полезность и перспективы дальнейшего развития; зависимость кадрового состава от социально-политического аспекта, связанного со сменой "политических лидеров" на федеральном уровне; использование в большинстве субъектов Федерации номенклатурной модели работы с кадровым резервом, которая была дополнена некоторыми формальными элементами конкурсного отбора.

Управление кадровыми ресурсами представляет собой

диспетчеризацию взаимосвязанных информационных потоков, поэтому использования современных автоматизированных систем обработки данных является актуальным и перспективным направлением исследования. Объективная потребность в автоматизации задач управления кадровыми ресурсами возникла не так давно, поэтому обозначенный вектор является сравнительно молодым. К выбору автоматизированных систем управления кадровыми ресурсами необходимо подходить с особой осторожностью также и потому, что управленческие функции специфичны в каждой организации.

Проблема использования автоматизированных информационных систем для поддержки процессов комплектования и управления кадровым резервом является новой даже на фоне развития HR-систем в структуре современных российских организаций. Внедрение подобных систем позволит автоматизировать следующий спектр задач: формирование и ведение базы претендентов, отбор и сравнительный анализ кандидатов, планирование и управление развитием резервистов, периодическая оценка и аттестация резерва, определение списка критических должностей и т.д.

Рассмотрим вариант модели автоматизированной информационной системы управления кадровыми ресурсами, которая имеет отдельный модуль для управления резервом. Выделим основные группы специфических задач, входящих в структуру системы управления кадровыми ресурсами, которые в современных российских организациях разработаны особенно слабо и поэтому нуждаются в соответствующих автоматизированных решениях.

Структура специфических функций автоматизированных HR-систем представлена и включает в себя следующие обязательные модули: подсистема подбора персонала, подсистема обучения персонала, подсистема оценки персонала, подсистема формирования кадрового резерва.

Подсистема подбора персонала решает одну из ключевых задач HR-систем это построение списка кандидатов на основе требований к должностям. Главный недостаток в том, что при отборе кандидатов используются формальные признаки, наличие или отсутствие которых однозначным образом решает вопрос о включении человека в список. К таким формальным требованиям относится возраст, образование, пол, наличие определенных обязательных сертификатов, специфических навыков и т.д.

Однако такие системы не учитывают большого числа неформализованных параметров, которые могут касаться личностных качеств кандидата, интеллектуальных способностей, отраслевого опыта, уровня знакомства с предметной областью, наличия некоторых дополнительных навыков. Каждый из этих параметров по отдельности не вносит решающего вклада, в определении соответствии кандидата должности, но может повлиять на его позицию в списке.

Проблему формализации данного типа параметров можно решить через фиксацию числовых значений в ходе выполнения кандидатом личностных, профориентационных, интеллектуальных, психологических и прочих диагностических тестов. А использование многофакторного анализа с применением аппарата нечеткой логики и методов ранжирования позволит реализовать любые модели отбора кандидатов с требуемым уровнем соответствия.

Подсистема обучения персонала реализует функции формирования и управления индивидуальными и групповыми траекториями повышения квалификации. Активное внедрение новых программных продуктов, стремительное развитие технологии управления и производства в различных областях диктуют новые требования к персоналу. Современные автоматизированные HR-системы способны формировать и администрировать сложные траектории развития персонала, а использование нечеткой логики позволит не только определить необходимость повышения квалификации, но и оценить эффективность соответствующих мероприятий.

Модуль оценки персонала позволяет измерить и контролировать качественные характеристики сотрудников организации. Реализована данная функциональная подсистема практически в любой автоматизированной HR-системе. Данный функциональный элемент позволяет зафиксировать формализованные результаты оценочных и диагностических мероприятий, а потом применять к ним заданную аналитическую модель.

Использование многофакторного анализа с применением аппарата нечетких множеств позволит существенно расширить базовый функционал модуля дополнительными возможностями (совмещение в одной диагностической процедуре различных форм, методов и показателей, гибкая настройка моделей оценки и интерпретации и т.д.)

Модуль формирования и управления кадровым резервом является дополнительным компонентом HR-системы, но в последнее время проблемы резерва приобрели все большую актуальность.

Данная подсистема позволяет автоматизировать следующий спектр задач формирование и ведение базы претендентов, отбор и сравнительный анализ кандидатов, планирование и управление развитием резервистов, периодическая оценка и аттестация резерва, определение списка критических должностей и т.д.

Учитывая необходимость оперирования с информацией как качественного, так и количественного характера, в работе для формализации критериев и оценки потенциала членов кадрового резерва использованы элементы теории нечетких множеств [1]. Предлагаемая методика исходит из способов принятия решений на основе нечеткой реляционной модели представления знаний [2]. Ее использование позволяет свести процесс принятия решений отбора наиболее подходящего

кандидата к задаче выбора наилучшей альтернативы (в качестве альтернатив рассматривается кадровый потенциал резервиста), что дает возможность проводить ранжирование альтернатив по обобщенному критерию.

Согласно нечеткой реляционной модели представления знаний, если $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}=\{x_i, i=1, n\}$ – множество альтернатив, которые подлежат оценке и ранжированию, а $K=\{k_1, k_2, \dots, k_m\}=\{k_j, j=1, m\}$ – множество критериев, характеризующих альтернативы, то степень удовлетворения альтернативы x_i критерию k_j представляется функцией то есть .

Пусть $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}=\{x_i, i=1, n\}$ – множество сотрудников, работающих в какой-либо организации, деятельность которых характеризуется множеством неравнозначимых критериев: $K=\{K_1, K_2, \dots, K_m\}=\{K_j, j=1, m\}$.

Каждый критерий K_j , входящий во множество критериев K , характеризуется подмножеством частных критериев $K_j=\{k_{j1}, k_{j2}, \dots, k_{jT}\}=\{k_{jt} | t=1, T\}$, причем элементы этих подмножеств также неравнозначимы.

Цель – по результатам проведенной оценки кадрового потенциала получить систематизированный список индивидуальных заключений на сотрудников, входящий в кадровый резерв. Ранжирование идет от лучшего к худшему: $X : K \rightarrow X^*$, где X^* – систематизированный список сотрудников.

Внедрение информационных систем для автоматизации процедур управления кадровым резервом требует расчета комплекса показателей эффективности. Рассмотрим один из вариантов комплекса прямых и косвенных критериев эффективности внедрения и эксплуатации автоматизированной информационной системы управления кадровыми резервом органов государственной власти.

Качество претендентов в кадровый резерв. Первый показатель является косвенным и отражает в большей степени качество кандидатов, отбираемых кадровыми рекрутами. Критерий рассчитывается как доля кандидатов зачисленных в кадровый резерв от общего числа претендентов на зачисление. Данный показатель можно отдельно рассчитывать для мужчин и женщин.

Длительность пребывания в резерве. Рассчитывается как среднее время пребывания кандидата в кадровом резерве до получения новой должности. Данный показатель можно рассчитывать отдельно для мужчин и женщин. Критерий частично отражает динамику кадрового резерва.

Уровень текучести кадрового резерва. Также описывает динамику кадрового резерва и рассчитывается как сумма (за определенный период) двух величин: количество специалистов, покинувших резерв; количество кандидатов, зачисленных в резерв. Данный показатель можно рассчитывать отдельно для мужчин и женщин, выбирать разные периоды от месяца до года.

Качество кадрового резерва. Один из ключевых показателей эффективности, который непосредственно характеризует продуктивность

работы кадрового резерва и рассчитывается как доля вакансий, закрытых из числа членов кадрового резерва от общего количества закрытых в организации вакансий за выбранный период.

Количество закрытых вакансий. Абсолютная величина, которая показывает количество назначений на новые должности сотрудников, включенных в кадровый резерв. Данный показатель можно отдельно рассчитать для мужчин и женщин. Производной от данной величины является процент сотрудников, назначенных на новые должности, от общего контингента кадрового резерва за определенный период.

Следующая группа показателей описывает количественные и качественные характеристики затрат на обучение и повышение квалификации сотрудников организации, включенных в кадровый резерв.

Процент учебных мероприятий. Рассчитывается как доля мероприятий по обучению (курсов, лекций, семинаров, вебинаров, круглых столов), проведенных для членов кадрового резерва, от общего количества проведенных в организации учебных мероприятий за определенный период.

Процент реализованных учебных программ. Рассчитывается как доля учебных программ, пройденных членами кадрового резерва в рамках курсов повышения квалификации в любой форме, относительно общего количества учебных программ, реализованных для сотрудников организации за отчетный период.

Процент учебных дней. Рассчитывается как отношение среднего количества учебных дней на одного члена кадрового резерва к среднему количеству учебных дней на одного сотрудника организации (учитываются только сотрудники, которые принимали участие в учебных мероприятиях).

Средняя стоимость развития. Рассчитывается как среднее количество денежных средств, потраченных на развитие одного сотрудника, включенного в кадровый резерв, за отчетный период. Данный показатель можно рассчитывать для разных должностей и специальностей. Затраты на подготовку могут включать в себя оплату рабочего времени наставника, непосредственного руководителя, службы персонала, стоимость программ повышения квалификации и других учебных мероприятий, прямые затраты на обучение, включающие стоимость учебных и раздаточных материалов.

Описанная группа показателей эффективности позволит объективно рассчитать и проанализировать все аспекты, связанные с автоматизацией ключевых процедур управления кадровым резервом.

Литература

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
2. Аббасов А.М., Мамедова М.Г. Методы организации баз знаний с нечеткой реляционной структурой. - Баку: Элм, 1997.

Смирнов М.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант smirnov-mn@mail.ru

Использование современных информационных технологий для моделирования системы управления шаром на подвижной направляющей

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Информационная технология, система управления, моделирование, движение, MatLab.

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена применению современных информационных технологий к построению системы автоматического управления движением шара, перемещающегося по подвижной направляющей, с целью стабилизации последнего в заданном желаемом положении относительно направляющей. В качестве основного программного инструмента используется матричный пакет MATLAB и встроенный в него мощнейший инструмент для моделирования процессов и явлений подсистема Simulink.

Введение

Современные информационные технологии шагнули далеко вперед в своем развитии в степени своего погружения в промышленность, машиностроение и другие сферы производительных сил современного общества [1-5]. В настоящее время широкий спектр задач по исследованию, проектированию, моделированию систем автоматического управления движением различными объектами невообразимо решать без применения специальных информационных технологий. Основными факторами, определяющими необходимость использования современных цифровых технологий, являются непревзойденная точность управления, что способствует повышению качества конечных процессов, скорость обработки данных и принятия оптимальных решений в процессе работы, которая зачастую недостижима при управлении в ручном режиме.

В данной статье рассматривается пример полного цикла по применению современных информационных технологий к построению системы управления движением шара, перемещающегося по подвижной направляющей, с целью стабилизации последнего в заданном желаемом положении относительно направляющей на примере использования матричного пакета MATLAB и встроенного в него мощнейшего инструмента для моделирования процессов и явлений Simulink. Данное устройство используется в лаборатории управляемых устройств факультета прикладной математики – процессов управления СПбГУ для обучения

студентов применению глубоких теоретических знаний в области теории управления на практике.



Рис. 1. Управляемое устройство. Ультразвуковой датчик

Управляемое устройство



Рис. 2. Управляемое устройство. Вид сбоку

Рассмотрим подробнее управляемое устройство – желоб (см. рис. 1, 2). Он представляет собой штангу, по которой движется металлический шарик. У желоба имеется сервопривод, приводящий в движение штангу. Изменяя наклон штанги, можно управлять положением шарика.

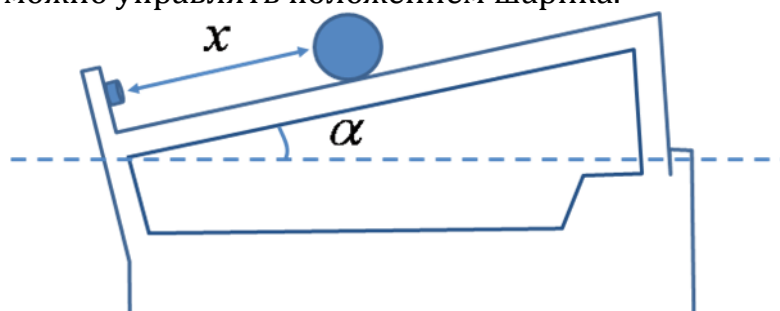


Рис. 3. Динамические характеристики

Управляемое устройство оснащено двумя датчиками: аналоговым и цифровым. Аналоговый датчик возвращает напряжение, подаваемое на сервопривод (от 0 до 5 вольт). Цифровой датчик является ультразвуковым – он действует по принципу УЗИ, т.е. генерирует ультразвуковой (порядка 40 кГц) импульс, а затем воспринимает отражённый шариком сигнал. Электронный блок датчика измеряет время, прошедшее между излучением

и приёмом отражённого сигнала, и возвращает его.

Цель управления шариком состоит в том, чтобы с помощью изменения высоты штанги удерживать шарик в заранее заданном положении (например, на расстоянии 20 см от датчика).

Для определения положения шарика на штангу нанесена сантиметровая шкала.

Математическая постановка задачи

Математически рассматриваемый объект управления представляет собой шарик, движущийся по наклонной плоскости. Его движение вдоль штанги описывается дифференциальным уравнением второго порядка $\ddot{x} = g \cdot \sin \alpha$, где x – положение шарика, а α – угол наклона штанги. Силой трения в данном случае можно пренебречь, поскольку поверхности штанги и шарика гладкие и площадь их соприкосновения мала. Таким образом, изменяя угол α , мы управляем положением шарика.

Фактически изменение угла наклона происходит путем подачи на сервопривод напряжения u .

Для управления целесообразнее всего использовать ПИД (пропорционально – интегрально – дифференциальный) регулятор, поскольку он позволяет свести отклонение регулируемой величины к нулю.

Если обозначить через x текущее положение шарика, а через x_c – командный сигнал, то закон управления в форме ПИД – регулятора примет вид

$$u = K_1(x(t) - x_c) + K_2 \int_0^t (x(\tau) - x_c) d\tau + K_3 \frac{d}{dt}(x(t) - x_c),$$

где коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 необходимо подобрать.

Компьютерное моделирование

В качестве среды для компьютерного моделирования и построения системы автоматического управления была выбрана система MATLAB с подсистемой Simulink [6-12].

Компьютерная модель системы управления шаром на подвижной направляющей реализована с использованием библиотеки Real Time Windows Target для проведения тестирования в реальном времени.

Для более простого и удобного взаимодействия с созданной моделью был создан графический интерфейс пользователя (GUI). Реализованный GUI предоставляет возможность задания командного сигнала, выбора коэффициентов закона управления, моделирования системы в реальном времени и построения результирующих графиков.

Simulink-модель реализации ПИД – регулятора представлена на рис. 5. Блок Discrete PID Controller вырабатывает управляющий сигнал, который поступает на сервопривод желоба, в результате чего текущее положение шарика изменяется. На вход Discrete PID Controller подается разница между командным сигналом и текущим положением шарика. Таким образом, если

после стабилизации шарика в заданном положении на него подействует внешняя сила, которая сместит его с этого положения, ПИД – регулятор восстановит заданное положение.

В разработанном графическом интерфейсе также реализована возможность фильтрации сигналов, идущих с датчиков, поскольку из-за дешевизны датчиков с них поступают сильно зашумленные сигналы, работать с которыми не всегда удобно. Для получения отфильтрованного сигнала необходимо поставить галочку *Фильтрация* и нажать кнопку *Запустить*.

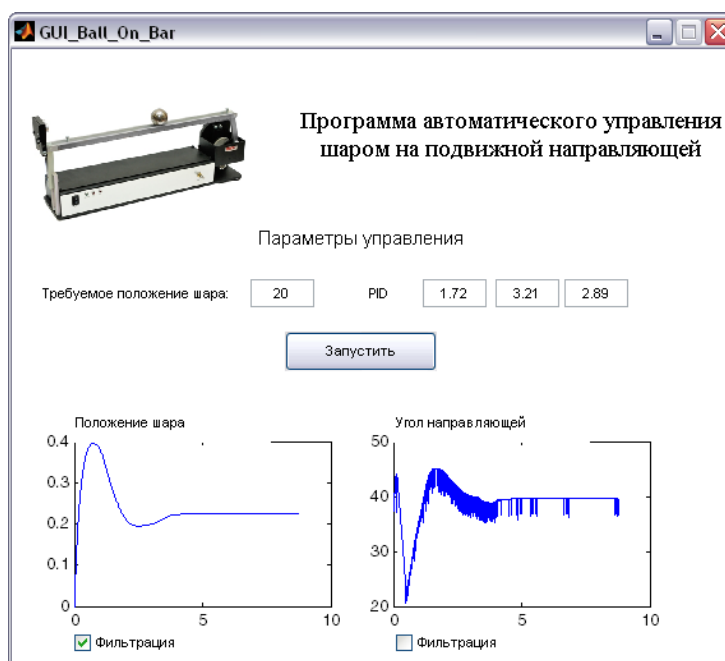


Рис. 4. Графический интерфейс пользователя

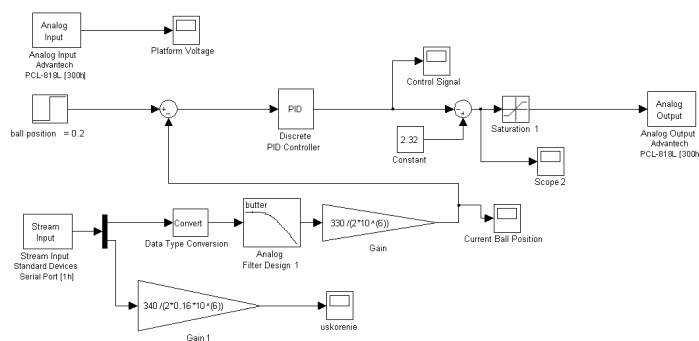


Рис. 5. Simulink модель системы управления

Результат отработки командного сигнала $x_3 = 20$ с использованием ПИД – регулятора, что соответствует удержанию шарика на расстоянии 20 см от датчика, представлен на рис. 4. В результате применения такого управления получаем желаемый результат: где бы на желобе шарик не находился, с помощью ПИД регулятора он всегда возвращается в положение 20, т.е. на расстояние 20 см от датчика.

Литература

1. Смирнов Н. В., Смирнов М. Н., Смирнова М. А. Решение прикладных задач теории управления в MATLAB. СПб.: Соло, 2013. 186 с.
2. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 464 с.
3. Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погожев С.В. Компьютерное моделирование систем управления движением морских подвижных объектов. СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 370 с.
4. Веремей Е.И. Основные направления применения компьютерных технологий в задачах управления динамическими объектами // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2012. — № 1. — С. 16-21
5. Веремей Е.И. Основные направления применения компьютерных технологий в задачах управления динамическими объектами // Материалы IV Международной научной конференции "Современные проблемы прикладной математики, теории управления и математического моделирования (СПМТУММ-2011) — г. Воронеж, — 2011.
6. Иглин С. П. Математические расчеты на базе MATLAB: учебник. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 634 с.
7. Сирота А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем: учебное пособие. М.: Техносфера, 2006. 280 с.
8. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB: учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 816 с.
9. MATLAB. Getting Started Guide / The MathWorks, Inc. – Natick, 2011. – 276 p.
10. SIMULINK. User's Guide / The MathWorks, Inc.–Natick, 2011.– 2326 p.
11. Веремей Е.И. Вопросы оптимизации цифровых систем управления и обработки сигналов // Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". Под редакцией проф. В.А. Сухомлина. — г. Москва, — 2012. — С. 974-982
12. Смирнов М.Н., Смирнова М.А. Реализация программного комплекса для динамического управления нелинейным объектом // Процессы управления и устойчивость: Труды 44-й международной научной конференции аспирантов и студентов / Под ред. Н. В. Смирнова, Т. Е. Смирновой. — г. Санкт-Петербург, — 2013. — С. 297-301

Смирнова М.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, аспирант smirnova-ma@bk.ru

Программный комплекс цифрового управления роботом, имитирующим башню танка

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Программный комплекс, динамическое управление, робот, MatLab.

АННОТАЦИЯ:

В статье рассматривается применение современных информационных технологий для динамического управления объектом, имитирующим башню танка. В качестве среды для реализации программного комплекса используется пакет MATLAB – Simulink.

Введение

Современные информационные технологии активно внедряются в различные области науки и техники. Одним из приоритетных направлений для внедрения является обрабатывающая промышленность, в частности машиностроение [1-3]. При этом основным структурным элементом информатизации производства являются системы автоматического контроля и управления. Такие системы дают возможность улучшить качество продукции, а также сэкономить время и деньги.



Рис. 1. Объект управления

Главными требованиями к таким системам являются высокая скорость и точность выполнения работ. Эти параметры напрямую зависят от используемого для управления программного обеспечения, которое, в свою очередь, должно быть не только безотказным, но и гибким для легкого расширения и быстрой перенастройки под конкретную задачу. В данной статье рассматривается реализация программного комплекса в среде MATLAB – Simulink для динамического управления объектом,

имитирующим башню танка (см. рис. 1).

Постановка задачи

Рассмотрим объект управления, имитирующий башню танка [4]. Он представляет собой горизонтальный маятник (см. рис. 3). Его основными элементами являются платформа («башня»), приводимая в движение сервоприводом, и закрепленный на ней стержень («дуло»). Стержень соединен с платформой двумя пружинами одинаковой жесткости и длины, на стержне закреплен груз, который можно перемещать для охвата более широкого множества объектов такого типа.

К вычислительно-моделирующему комплексу объект управления подключается с помощью платы сбора данных Advantech PCL-818L (см. рис. 2).



Рис. 2. Плата сбора данных

Объект управления оснащен двумя аналоговыми потенциометрическими датчиками. Первый расположен на платформе и возвращает напряжение, подаваемое на сервопривод в пределах от 0 до 5 вольт, что соответствует повороту платформы на некоторый угол, а второй находится на башне и возвращает напряжение в пределах от -5 до 5 вольт, которому соответствует угол α отклонения стержня относительно центра.

Положением равновесия для «башни» является значение напряжения 2.5 вольт, а для «дула» - 0 вольт. Платформа может поворачиваться на 180 градусов.

Основная задача управления данным объектом состоит в том, чтобы при повороте платформы на заданный угол в конечной точке не происходило колебаний стержня. Кроме того, система управления должна возвращать объект управления в заданное положение β_c при возникновении внешних возмущений.

В данной статье ставится задача разработать программный комплекс, позволяющий изменять следующие параметры системы управления:

- выбирать закон управления и его параметры;
- выбирать вес груза;
- выбирать расстояние до точки крепления груза;
- задавать угол β_z , на который необходимо повернуть платформу.

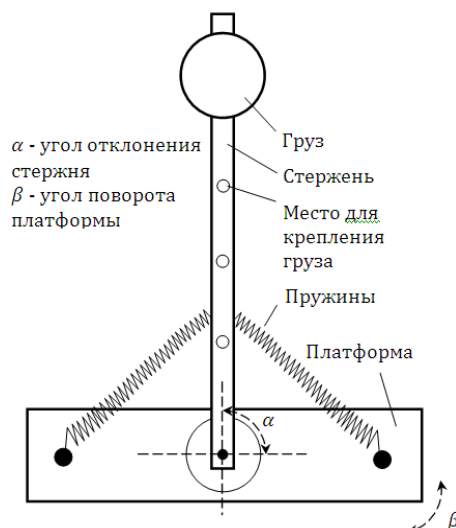


Рис. 3. Основные параметры объекта

Данный программный комплекс предназначен для наглядной демонстрации применения знаний, полученных в курсе теории управления, к реальным физическим объектам и представляет собой уникальную возможность для студентов понять и увидеть различия законов управления, сравнить поведение системы с управлением и без него.

Реализация программного комплекса

Для решения поставленных задач был выбран пакет MATLAB с подсистемой Simulink, широко использующийся для моделирования динамических систем [5-12]. В нем и были реализованы модель системы управления рассматриваемым объектом (см. рис. 4) и графический интерфейс пользователя для работы с построенной моделью (см. рис. 5).

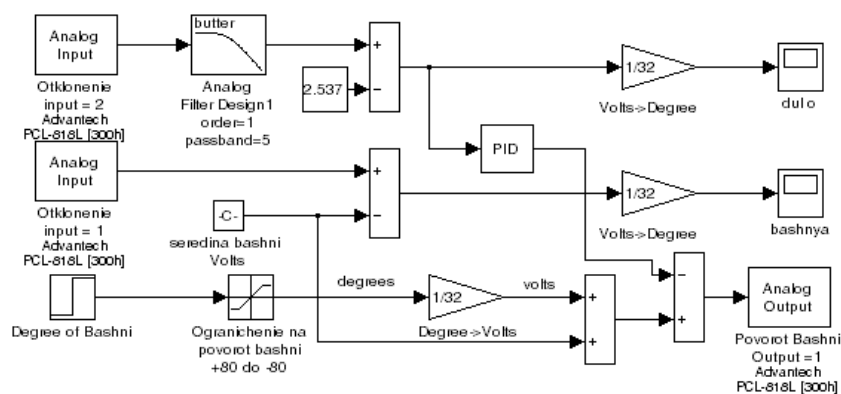


Рис. 4. Simulink-модель объекта управления

В разработанном графическом интерфейсе заложена возможность использовать в модели различные законы управления, а именно:

- управление по выходу $u = K_1(\beta(t) - \beta_3)$,
- где u – управляющее воздействие, $\beta(t)$ – угол поворота платформы, β_3 – командный сигнал;
- пропорционально-интегральный регулятор (ПИ)

$$u = K_1(\beta(t) - \beta_3) + K_2 \int_0^t (\beta(\tau) - \beta_3) d\tau;$$

- пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (ПИД)

$$u = K_1(\beta(t) - \beta_3) + K_2 \int_0^t (\beta(\tau) - \beta_3) d\tau + K_3 \frac{d}{dt}(\beta(t) - \beta_3).$$

При этом коэффициенты K_1 , K_2 , K_3 пользователь может либо задать самостоятельно, либо использовать уже подобранные коэффициенты, обеспечивающие приемлемую обработку командного сигнала.

Также реализованы возможность обработки командного сигнала без использования какого-либо управляющего воздействия, возможность задания командного сигнала, возможность выбора места крепления груза и его веса. Колебания «дула» и поворот «башни» при обработке командного сигнала отображаются на графиках. По желанию пользователя можно сохранять историю отклонений «башни» и «дула» на графиках для сравнения при выборе другого закона управления.

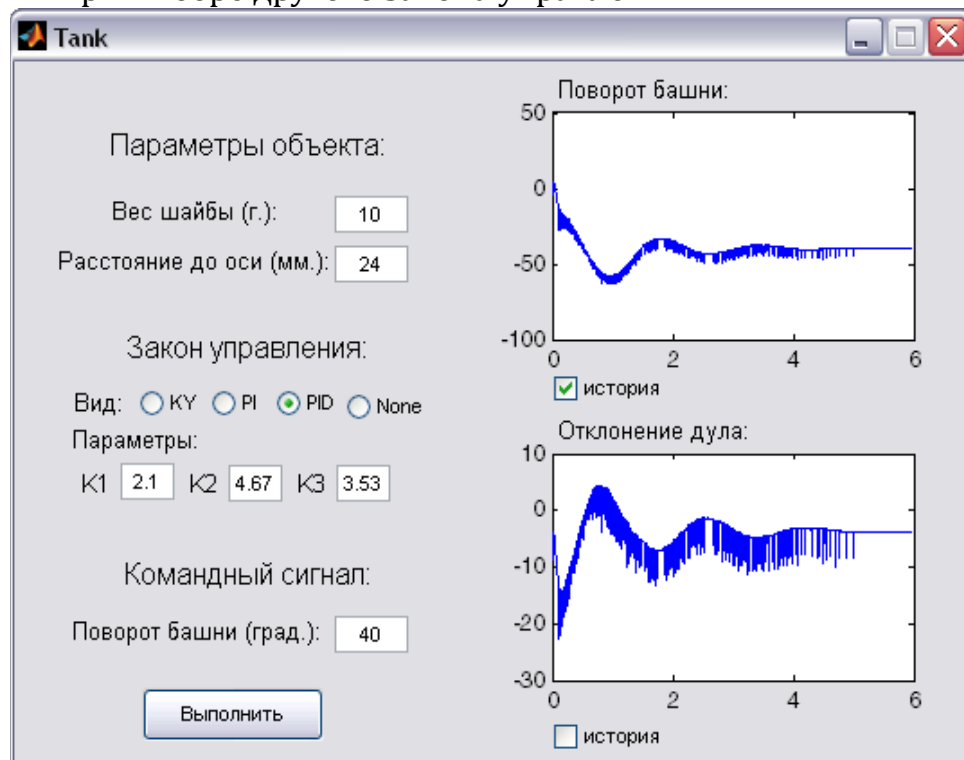


Рис. 5. Программный комплекс

Заключение

В результате проделанной работы реализован программный комплекс динамического управления реальным объектом, имитирующим работу башни танка. Разработанный комплекс предназначен для студентов и представляет собой графическую оболочку для демонстрации и тестирования поведения динамической системы с использованием различных законов управления и без управления, что позволяет проводить

наглядные эксперименты даже для студентов младших курсов.

Литература

1. Веремей Е.И. Основные направления применения компьютерных технологий в задачах управления динамическими объектами // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2012. — № 1. — С. 16-21
2. Веремей Е.И. Вопросы оптимизации цифровых систем управления и обработки сигналов // Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции "Современные информационные технологии и ИТ-образование". Под редакцией проф. В.А. Сухомлина. — г. Москва, — 2012. — С. 974-982
3. Веремей Е.И. Основные направления применения компьютерных технологий в задачах управления динамическими объектами // Материалы IV Международной научной конференции "Современные проблемы прикладной математики, теории управления и математического моделирования (СПМТУММ-2011) — г. Воронеж, — 2011.
4. Смирнов Н. В., Смирнов М. Н., Смирнова М. А. Решение прикладных задач теории управления в MATLAB. СПб.: Соло, 2013. 186 с.
5. MATLAB. Getting Started Guide / The MathWorks, Inc. – Natick, 2011. – 276 p.
6. SIMULINK. User's Guide / The MathWorks, Inc.–Natick, 2011.– 2326 p.
7. Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Практическое моделирование динамических систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. 464 с.
8. Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погожев С.В. Компьютерное моделирование систем управления движением морских подвижных объектов. СПб: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 370 с.
9. Иглин С. П. Математические расчеты на базе MATLAB: учебник. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. 634 с.
10. Сирота А. А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем: учебное пособие. М.: Техносфера, 2006. 280 с.
11. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в MATLAB: учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 816 с.
12. Смирнов М.Н., Смирнова М.А. Реализация программного комплекса для динамического управления нелинейным объектом // Процессы управления и устойчивость: Труды 44-й международной научной конференции аспирантов и студентов / Под ред. Н. В. Смирнова, Т. Е. Смирновой. — г. Санкт-Петербург, — 2013. — С. 297-301.

**Методика определения реального быстродействия
информационных обменов в распределенных системах
управления энергообъектами**

В настоящее время наблюдается тенденция к усложнению технических устройств энергетики и увеличению потоков информации, что вызвало необходимость создания эффективных информационных систем для управления энергообъектами (СУЭ).

Одним из многих примеров эффективности функционирования СУЭ является быстродействие, которое трактуется как отношение длины передаваемого информационного сообщения к номинальной скорости передачи сигналов по каналу связи между контролируемыми пунктами (КП) и центральной приемо-передающей станцией (ЦППС). В данной статье рассматривается скорость передачи информации по каналу связи, которая начинает сказываться на соотношении вероятностного времени доставки информации и времени передачи одного сообщения по каналу связи.

Для того чтобы оценить реальное быстродействие рассмотрим модель трассы доставки телесигнализации (ТС) от датчиков, размещенных в КП, в приемник ЦППС. Оценим временные параметры отдельных составляющих трассы доставки ТС.

Время задержки от события до опроса датчиков ТС – T_1 определяется как:

$$T_1 = N_{ТС} t_d, \quad (1)$$

где $N_{ТС}$ - число опрашиваемых датчиков ТС, t_d - дискретность опроса датчиков.

Временной сдвиг между моментами ввода в функциональный модуль информации от датчиков и передачей данных по внутренней магистрали в контроллер устройства КП - T_2 можно рассчитать по следующей формуле:

$$T_2 = T_{ВВВ} \cdot (1 + P_{ЗАВ}) = \frac{N_{ТС}^1}{F_{ВНУТР}^{МАГ}} \cdot (1 + P_{ЗАВ}) \quad (2)$$

где: $N_{ТС}^1$ - число сигналов в сообщении модуля, которое без учета дополнительных компонентов сообщения от модуля – источника информации равно $N_{ТС}$;

$F_{ВНУТР}^{МАГ}$ – частота тактовых сигналов при информационных обменах по внутренней магистрали устройства КП;

$P_{ЗАВ}$ – вероятность того, что к моменту появления «события для передачи» в модуле-источнике информации внутренняя магистраль устройства КП занята ранее начатым вводом информации в контроллер КП.

Рассмотрим вариант реализации контроллера КП, в котором

выделяется один буфер для передачи информации в ЦППС. В этом случае время задержки увеличивается, если к моменту готовности модуля к передаче новой информации новые данные не могут быть введены в буфер, т.к. контроллер реализует передачу в ЦППС ранее принятой информации от данного или другого модуля. Максимальное время ожидания начала вывода данных из модуля равно длительности рабочего цикла - T_{PC} , а временной сдвиг:

$$T_2 = \frac{N_{TC}}{F_{МАГ}^{МАГ}} \cdot (1 + P_{ЗАВ}) + T_{PC} \cdot P_{КС}^{ЗАН}, \quad (3)$$

где $P_{КС}^{ЗАН}$ - вероятность занятости канала связи рассматриваемого КП с ЦППС передачей ранее принятой информации. С учетом того, что интенсивность потока передачи данных по каналу связи во время нештатной ситуации увеличивается не менее чем в три раза, для предотвращения возникновения очереди на передачу данных должно быть выполнено соотношение: $P_{КС}^{ЗАН} \leq 0,3$.

Временной сдвиг между моментами ввода данных в контроллер устройства КП и их передачей в канал связи ЦППС-КП - T_3 . Для оценки реального быстродействия можно считать, что время задержки равно части времени рабочего цикла передачи информации по каналу связи ЦППС-КП - T_{PC} :

$$T_3 = T_{PC} R_C, \quad (4)$$

где $N_{КС}$ - число бит в информационном сообщении, передаваемом по каналу связи ЦППС - КП. Например, при использовании базового протокола по стандарту МЭК 870-5-104 для отображения данных двух «событий», сопровождаемых семибайтными метками времени, формируется сообщение из $N_{КС} = 256$ бит; $F_{КС}$ - тактовая частота передатчика, определяющая скорость передачи данных.

Временной сдвиг между моментами ввода информации в линейный адаптер устройства ЦППС и вводом полученных данных в контроллер ЦППС - T_5 .

$$T_5 = N_{МОД} \cdot K_{СМЕЩ} \cdot T_{Д}^{ОПР} \quad (5)$$

где $N_{МОД}$ - число модулей (линейных адаптеров, модемов и т.п.), включенных в состав устройства ЦППС;

$K_{СМЕЩ}$ - коэффициент, учитывающий смещение номера модуля, принявшего информационное сообщение от КП, относительно номера модуля, состояние которого в данный момент опрашивается центральным контроллером устройства ЦППС;

$T_{Д}^{ОПР}$ - время между опросом информации от смежных линейных адаптеров общим для них центральным контроллером устройства ЦППС, которое определяет дискретность информационных обменов между

контроллером и модулями по внутренней магистрали устройства ЦППС.

Аналогично рассмотренному выше компоненту T_2 укажем, что время T_5 также является вероятностной величиной и зависит не только от $T_{Д}^{ОПР}$, но и от занятости центрального контроллера устройства ЦППС уже начатым информационным обменом с другим адаптером, сопряженным с другим КП. При увеличении числа КП, подключенных к общему для них устройству ЦППС каналами связи, вероятность появления задержки вывода информации, полученной от любого устройства КП, растет пропорционально числу КП (при равной вероятности передачи информации любым КП). Тогда:

$$T_5 = N_{МОД} \cdot K_{СМЕЩ} \cdot T_{Д}^{ОПР} + \frac{N_{КС}}{F_{ВНУТР}^{МАГ}} \cdot N_{ПКП} \cdot P_{ПЕРЕД}, \quad (6)$$

где $F_{ВНУТР}^{МАГ}$ – тактовая частота сигналов информационного обмена по внутренней магистрали устройства ЦППС (с учетом идентичности внутренней структуры устройств ЦППС и КП тактовые частоты информационных обменов одинаковы);

$N_{ПКП}$ – число устройств КП, подключенных к ПУ,

$P_{ПЕРЕД}$ – вероятность совпадения событий - передачи информации по внутренней магистрали устройства ЦППС, ранее полученной от какого-либо КП, и готовности к передаче информации от любого другого устройства КП.

Время ввода информации в ПЭВМ ЦППС – T_6 определяется, как:

$$T_6 = \frac{N_{КС}}{F_{ПЭВМ}}, \quad (7)$$

где $F_{ПЭВМ}$ – тактовая частота сигналов при вводе информации в ПЭВМ устройства ЦППС.

Время обработки данных в ПЭВМ - составляет:

$$T_7 = T_{ОБР}^1 \cdot N_{СОБ}, \quad (8)$$

где $T_{ОБР}^1$ – усредненное время программной обработки одного «события»; $N_{СОБ}$ – усредненное число событий в одном сообщении.

Для упрощения анализа вероятность прерывания обработки информации в ПЭВМ более приоритетными процедурами не учитывается.

Время задержки отображения принятой информации – T_8 . Задержку следует учитывать, если для визуализации используется не экран монитора ПЭВМ, а внешний модуль, размещенный, например, в диспетчерском щите. В последнем случае

$$T_8 = \frac{N_{ОТОБР}}{F_{ОТОБР}}, \quad (9)$$

где $N_{ОТОБР}$ соответствует числу бит кода выводимой информации, а $F_{ОТОБР}$ –

скорости вывода данных.

Время обработки данных в ПЭВМ и отображения данных составляют незначительную долю общего времени, поэтому при расчете общего времени данные составляющие опускаются.

Для определения реального быстродействия необходимо также учесть вероятность того, что в полученной ЦППС информации будет обнаружено искажение и потребуется повторная передача данных. Связанная с этим временная составляющая $T_{РБ}^{ИСК}$ может быть определена по формуле:

$$T_{РБ}^{ИСК} = T_{ЗАД} + P_{ИСК} (T_{ОЖ.КВИТ} + T_{ЗАД} + T_{ГОТ.ПЕРЕД}), \quad (10)$$

где $T_{ЗАД} = \sum_{i=1}^8 T_i$ - суммарное время задержки между моментом появления «события» на КП и отображением данных на ЦППС; $P_{ИСК}$ - вероятность отказа (по любой причине) обработки и отображения однократно принятого сообщения, т.е. вероятность необходимости повторной передачи информации; $T_{ОЖ.КВИТ}$ - время ожидания подтверждающей квитанции от ЦППС устанавливается с учетом производительности канала связи (как правило, время ожидания квитанции выбирается в 1,5 - 3 раза больше времени передачи информационного сообщения по каналу связи; $T_{ГОТ.ПЕРЕД}$ - время задержки между фиксацией факта необходимости повторной передачи информации и готовностью передатчика реализовать повторный вывод данных.

$T_{ГОТ.ПЕРЕД}$ зависит от структуры конкретного устройства. При формировании информационного сообщения центральным контроллером устройства КП и использовании буфера только на одно сообщение $T_{ГОТ.ПЕРЕД}$ можно не учитывать.

Таким образом, реальное быстродействие для частного случая - при фиксации однократного искажения ($T_{РБ}^{ИСК}$) с вероятностью $P_{ИСК}$, равно:

$$T_{РБ}^{ИСК} = T_{ЗАД} (1 + P_{ИСК}) + P_{ИСК} T_{ОЖ.КВИТ}, \quad (11)$$

С учетом полученных ранее выражений (1)- (11) имеем:

$$\begin{aligned} T_{ЗАД} = \sum_{i=1}^8 T_i = & N_{ТС} t_{Д} + \frac{N_{ТС}}{F_{ВНУТР}^{МАГ}} (1 + P_{ЗАВ}) + T_{РЦ} + P_{КС}^{ЗАВ} + T_{РЦ} K_C + T_{РЦ} + \\ & + N_{МОД} \cdot K_{СМЕЩ} \cdot T_{Д}^{ОПР} + \frac{N_{КС}}{F_{ВНУТР}^{МАГ}} \cdot N_{ПКП} \cdot P_{ПЕРЕД} + \frac{N_{КС}}{F_{ПЭВМ}} + T_{ОБР}^1 N_{СОБ} + \\ & \frac{N_{ОГОБР}}{F_{ОГОБР}} \end{aligned} \quad (12)$$

Оценим результат для значений всех составляющих, усредненных по многим реализациям информационно-управляющих систем, а также

принятых в качестве начальных условий:

$$N_{TC} = 32, \quad t_D = 5 \cdot 10^{-6} \text{ с}, \quad F_{ВНУТР}^{МАГ} = 2 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}, \quad P_{ЗАВ} = K_C = P_{КС}^{ЗАН} = 0,3; \quad N_{\text{мод}} = 10;$$

$$K_{\text{СМЕЩ}} = 0,5; \quad T_D^{\text{ОПР}} = \frac{24}{F_{ВНУТР}^{МАГ}} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}; \quad N_{КС} = 256, \quad N_{КПП} = 30, \quad P_{\text{ПЕРЕД}} = 0,01,$$

$$F_{\text{ПЭВМ}} = 5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}, \quad T_{\text{ОБР}}^1 = 10^{-3} \text{ с}; \quad N_{\text{СОБ}} = 2; \quad N_{\text{ОТОВР}} = 256;$$

$$F_{\text{ОТОВР}} = 2 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}; \quad T_{\text{ОЖ.КВИТ}} = 2 T_{\text{РЦ}}; \quad P_{\text{ИСК}} = 10^{-1}$$

В рассматриваемом варианте имеем:

$$T_{\text{ЗАД}} = 4,8 \cdot 10^{-3} + 1,6 \cdot T_{\text{РЦ}}; \quad T_{\text{РБ}}^{\text{ИСК}} = 5,3 \cdot 10^{-3} + 1,96 \cdot T_{\text{РЦ}}.$$

$$\frac{T_{\text{РБ}}^{\text{ИСК}}}{T_{\text{РЦ}}} = f(F_{\text{КС}})$$

Интересно проанализировать зависимость, отражающую снижение реального быстродействия системы с учетом мешающих факторов, рассчитываемым на основании (11) и (12) по сравнению с традиционно определяемым, как отношение длины передаваемого информационного сообщения к номинальной скорости передачи сигналов по каналу связи.

$$T_{\text{РЦ}} = \frac{N_{\text{КС}}}{F_{\text{КС}}}, \quad \text{где } N_{\text{КС}} - \text{число бит в информационном сообщении, передаваемом по каналу связи, ранее определенное в 256 бит, имеем:}$$

$$f(F_{\text{КС}}) = \frac{T_{\text{РБ}}^{\text{ИСК}}}{T_{\text{РЦ}}} = \frac{5,3 \cdot 10^{-3} + 1,96 \cdot T_{\text{РЦ}}}{T_{\text{РЦ}}} = 1,96 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot F_{\text{КС}}. \quad (13)$$

Таким образом, использование предложенной методики позволяет обоснованно определять скорость передачи информации по каналу связи, с учетом мешающих факторов, которые начинают существенно сказываться на соотношении вероятностного времени доставки информации к времени передачи одного сообщения по каналу связи только при использовании скоростных каналов связи и реально снижать оперативность информационно-управляющих систем зависимости (13).

Литература

1. Чжо Зо Е, Касимов Р.А., Тайк Аунг Чжо, Чжо Зин Лин, Смирнов В.О. Повышение эффективности внутренних информационных обменов в распределенных системах управления // "Естественные и технические науки".- М.: Изд-во ООО "Компания Спутник+", 2012.- № 6(62).- С.465-466. (БАК)
2. Чжо Зо Е, Тайк Аунг Чжо, Баин А.М., Касимов Р.А. Методика повышения эффективности межмодульных информационных обменов в автоматизированных системах управления объектами энергетики // вести высших учебных заведений черноземья- №1 (31) 2013-

С.49-53 (ВАК)

3. Баин А.М., Касимов Р.А., Портнов Е.М., Чумаченко П.Ю. Модель информационных потоков многофункциональной системы управления энергообеспечением// Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. -М.: ФГУП “ВИМИ”, 2012.- № 3.
4. Портнов Е. М. Методика определения реального времени фиксации дискретных событий в информационно-управляющих системах// Оборонный комплекс- научно-техническому прогрессу России. Приборостроение и радиоэлектроника.: Межотр. науч.-техн. журнал/ВИМИ-М.: ФГУП “ВИМИ”, 2009.-№4.- С.27-33

СЕКЦИЯ 11. БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Белостоцкий А.А.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), и.о. научного сотрудника, belostotsky@iitp.ru

Биологические базы знаний и их применения

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Базы данных, базы знаний, биология, ДНК, РНК, белок, транскрипция.

АННОТАЦИЯ:

В настоящее время без применения баз данных (БД) невозможно осуществлять никакую научную деятельность. Часто прорыв в понимании наступает не в связи с кропотливой работой, с аккуратными расчетами, а просто в связи с сопоставлением различных имеющихся данных. Чаще бывает и так, что это не приводит ни к какому прорыву, однако позволяет удобно представить данные. Как общие полезные примеры, так и примеры из личного опыта, когда решения лежат на поверхности, и представлены в нижеследующем докладе.

Пример о вульгарном удобстве состоит в том, что можно совместить данные о белок-белковом взаимодействии [1] и геномную информацию [2] (разметка регуляторных участков на ДНК) так чтобы они давали принципиально новую информацию. Мы знаем, где связываются отдельные белки на ДНК. Знаем, что есть пары белков, для которых было показано, что они взаимодействуют в тех или иных условиях. Можно предположить, что когда эти белки связываются рядом друг с другом на ДНК, то они взаимодействуют и физически в этом случае. В случае множества пар, пересекающихся по одному из белков, можно реконструировать белковый комплекс, который связывается в наперед заданном регуляторном участке генома. При этом в этот комплекс могут входить белки с разными ролями в процессе функционирования ДНК. В случае регуляции инициации транскрипции был реализован простой подход, использующий хорошо подтвержденную информацию об участках ДНК, связанных с белком (учитывались пересечения этих участков), об открытых участках хроматина и о подтвержденных парах взаимодействующих белков. Знать возможные белковые комплексы в конкретном месте генома очень существенно, например, для разработки лекарств. Адрес программы www.chip-ppi.com.

Другой пример о том, что можно анализировать не только хорошо подтвержденные данные (взятые из [2]) о связывании белка с ДНК, но и более слабые сигналы, и попросту искать корреляции этих сигналов в случае разных белков. Причем оказалось, что белки, регулирующие посадку

РНК-полимеразы III на начало читаемых ею генов, сильно «шумят» и за пределами генов, читаемых РНК-полимеразой III, однако их сигнал никак не коррелирован с сигналом в генах, читаемых РНК-полимеразой II. А интрига в том, что такие же «слабые» сигналы белков, регулирующих посадку РНК-полимеразы II на начало читаемых ею генов, положительно коррелированы со слабым сигналом РНК-полимеразой II внутри читаемых ею генов. Причем такая корреляция наблюдается в случае почти всех белков, регулирующих посадку РНК-полимеразы II на начало гена (за исключением одного белка). Несущественность этих сигналов для констатации продолжительного связывания (что правильно, ведь РНК-полимеразы едут по генам, а не стоят на месте) была проверена. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что РНК-полимераза II находится в комплексе с белками, регулирующими ее посадку на начало соответствующих генов, что существенно меняет существующую модель и позволяет делать много громких, но обоснованных, предположений. Работа [3].

Третий пример освещает уязвимость моделей биологии (что нормально, это же наука, она постоянно развивается, пересматривает свои части), так как биологические сети (метаболические, сигнальные и генные сети) можно перерисовать без потери смысла в виде иерархической системы связанных циклов, содержащих одну (и только одну) петлю обратной связи. При этом такие циклы выступают в виде шестеренок (физику, да и мне в далеком прошлом, приходят аналогии с примитивными колебательными моделями частиц, и соответственно материи, состоящей из таких как бы «элементарных» частиц процесса). И мелкие шестеренки, крутящиеся быстро, могут крутить большие медленные шестеренки. Это грубейшая модель (самого от нее всегда тошнило и тошнит по сей день), однако она полезна для понимания возможности множественной интерпретации одних и тех же экспериментальных заключений. При этом в такой сети имеются, конечно, и «прострелы» (передача сигнала), но она должна согласовываться с основным колебательным режимом функционирования сети. Роль такого режима может быть как в устойчивости к шумам, так и в счете времени в клетке. Работа [4].

Литература

1. Использованная база данных String: <http://string-db.org/>
2. Использованная база данных UCSC Genome Browser: <http://genome.ucsc.edu/>
3. A.A. Belostotsky "Analysis of Protein-on-DNA Binding Profiles Determined with ChIP-seq Reveals Possible Interaction of Specific Transcription Factors with RNA Polymerase II during Transcription Elongation", *Biophysics (Moscow)*, 2012, Vol. 57, No. 2, P. 140
4. A.A. Belostotsky "Conception of biological networks at the molecular level as orchestrated systems of oscillators representing interconnected modular molecular clocks", *Journal of Metabolomics and Systems Biology*, 2011, Vol. 2(2), P. 15–19.

Горемыкина Г.И.¹, Герасимова Е.К.²

¹Московский государственный университет экономики,
статистики и информатики, доцент кафедры, g_iv.05@mail.ru

²Тамбовский государственный технический университет, преподаватель,
ost_elena@mail.ru

Моделирование системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети на основе нечёткой технологии

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Моделирование, система управления, информационно-
вычислительная сеть, нечеткая база знаний.*

АННОТАЦИЯ:

В статье представлена модель нечётко-логической системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети. В предлагаемой модели применена схема нечёткого логического вывода по Мамдани по экспертным нечётким базам знаний. Процесс разработки системы реализован в среде MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля fuzzy.

Введение.

Корпоративная информационно-вычислительная сеть (сокращённо КИВС) – это сложная техническая программно-аппаратная система с разветвлённой инфраструктурой и транспортными средствами передачи информации.

К качеству сетевой инфраструктуры и параметрам соглашения об уровне сетевых сервисов предъявляются повышенные требования. Реализация же проектов сети требует привлечения больших объёмов финансовых ресурсов, что во многом усложняет проведение экспериментов в реальном масштабе времени для исследования параметров качества функционирования сети. Поэтому в настоящее время всё большее развитие и распространение получает математическое и имитационное моделирование, позволяющее получить информацию о поведении системы или отдельных её подсистем, как на этапе создания, модернизации, так и в процессе эксплуатации.

Как правило, администраторов корпоративных сетей или сетевых интеграторов интересует именно поиск рациональных вариантов решения задачи оптимизации сети для повышения качества её работы. Поиск заключается в анализе (измерении, диагностике, локализации ошибок) и

синтезе (принятии решения о том, какие изменения надо внести в работу сети).

При этом задача анализа требует более активного участия человека и использование таких сложных средств как экспертные системы, которые интегрируют практический опыт многих специалистов данной области. Задача же синтеза рационального варианта по оценке качества сети, чаще всего, связана с выбором большого и разнородного множества параметров. Задача усложняется, когда решение приходится принимать при использовании информации высокой степени гранулированности. Такая ситуация возникает очень часто, так как причины, влияющие на выбор в целом носят не только технический характер, но и зависят от ряда обстоятельств, имеющих коммерческий, политический и т.п. характер. Поэтому, ориентируясь на конкретные предпочтения компании, авторами была предложена методика определения количественной оценки качества функционирования сети, основанная на применении fuzzy-технологии. Fuzzy-технология – это совокупность алгоритмов, процедур и программных средств, базирующихся на использовании нечётких множеств, нечёткой логики, нечёткого моделирования и т.п.

Появившаяся возможность количественной оценки качества КИВС послужила необходимым условием для управления её качеством. В результате была разработана математическая модель нечёткой системы оценки и управления качеством КИВС.

Процесс разработки системы был реализован в среде MatLab с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox и интерактивного модуля fuzzy.

Выявление совокупности показателей качества КИВС.

Многие предприятия имеют свои филиалы практически по всей территории страны. По мере роста бизнеса, развития предприятия, увеличения численности персонала, повышения требований к организации связи между офисами становится актуальным вопрос об объединении всех существующих ресурсов в единую корпоративную сеть. При этом одного объединения и создания корпоративной сети для эффективной работы предприятия на протяжении хотя бы пяти-десяти лет недостаточно.

Необходимо, во-первых, коррелировать направление развития КИВС предприятия с развитием научно-технического прогресса, с развитием всего сетевого мира, чтобы не завести сеть в тупик, а во-вторых, найти компромисс между потребностями предприятия в обработке циркулирующей информации, его финансовыми возможностями и возможностями сетевых и информационных технологий в настоящем и ближайшем будущем.

Перед авторами была поставлена следующая задача. Необходимо разработать систему оценки и управления качеством проектируемой КИВС конкретного предприятия. Предприятие имеет распределённую структуру и хочет повысить организацию связи и передачу данных в свои

подразделения путём построения корпоративной сети. На современном этапе КИВС предъявляют высокие требования к готовности сети, её пропускной способности и интеллектуальности, то есть способности гибко и качественно обрабатывать трафик различного типа (данные, голос, видео). Предприятие выдвигает следующие требования к проектируемой сети: интеграция с существующими сетями, другими технологиями и обеспечение совместимости продукции различных фирм-производителей; расширение видов услуг, прежде всего передачи голоса, данных бизнес-приложений, конференцсвязь, видеоконференцсвязь и др.; возможность предоставления канала связи с гарантированными значениями (возможность управления качеством обслуживания); обеспечение высоких скоростей передачи информации и малое время задержки сигнала; достаточный запас по основным техническим параметрам для развития КИВС, по меньшей мере, на ближайшие пять-десять лет.

Подход к решению данной задачи может быть самым разным, и в очень большой степени зависит от конкретных предпочтений предприятия. Необходимо найти наилучший вариант с точки зрения качества функционирования, который обеспечивал бы на всём протяжении сети, независимо от её масштабов и используемых протоколов, циркуляцию данных в рамках определённых параметров качества. Для этого были выявлены основные параметры, определяющие качество КИВС. Ими, по мнению экспертов, стали: готовность сети (availability); пропускная способность (throughput); задержка (delay); вариация задержки (jitter); потери пакетов (packet loss). Ниже приводится краткая характеристика каждого из указанных параметров.

Готовность сети – доступность сетевого ресурса в течение всего срока эксплуатации. Готовность сети оценивается временем простоя предприятия в год: чем меньше время простоя, тем выше готовность сети. Время простоя в результате выхода из строя или ухудшения работы сети отражается непосредственно на доходах предприятия. Пропускная способность – это максимально возможная скорость передачи информации в сети. Она является одним из основных параметров, так как для корпоративных сетей характерна неравномерная структура трафика, всплески и падения. Поэтому, если порт небольшой пропускной способности, то в те моменты, когда трафик велик, и сеть испытывает нагрузки, качество передачи будет падать. Задержка характеризует интервал между приёмом и передачей пакетов. Вариация задержки – параметр, описывающий возможные отклонения от времени задержки при передаче пакетов. Потери пакетов возникают, когда один или более пакетов с данными, передаваемыми по сети, не доходит до своего адресата.

К изменениям этих параметров сетевые сервисы чувствительны в разной степени. В моменты перегрузок в сети параметры начинают ухудшаться, и в итоге страдают все критически важные сетевые сервисы. Специалисты предприятия предполагают реализовать политику

дифференцированного обслуживания трафика сетевых сервисов (Quality of Service, сокращённо QoS), что позволит обеспечить функционирование критических сервисов за счёт ограничения трафика менее важных сетевых приложений. Однако для обеспечения качественного функционирования критически важных для предприятия приложений в корпоративной сети реализации только политики дифференцированного обслуживания недостаточно. Даже при успешной работе QoS в моменты перегрузок перед компанией возникнут задачи, которые не решаются необходимой настройкой QoS. К таким задачам относятся следующие: проверить, удовлетворяют ли параметры качества установленным требованиям; выявить причины выхода какого-либо параметра за установленные пределы; определить локализацию проблемы в сети и комплекс мер по её устранению.

Поэтому для обеспечения качественного функционирования сети необходим комплекс технических мер по реализации политики обслуживания сети, а также система мониторинга и управления качеством. Под системой управления качеством понимается системы конфигурации, которая позволяет оценить качество и описать политику качества сети, с помощью определения классов сервиса, параметров, норм и действий в случае их нарушения.

Учитывая требования и возможности предприятия, для построения сети выбрано решение на базе услуги IP VPN (Virtual Private Network — виртуальная частная сеть), основанной на технологии MPLS (Multi Protocol Label Switching – мультипротокольная коммутация по меткам). В сети смогут функционировать любые системы, поддерживающие IP-протокол, то есть подавляющее большинство существующих приложений. К достоинствам технологии MPLS относится гибкое определение топологии сети и возможность назначать различный приоритет пропуску трафика в зависимости от решаемых задач.

Предприятие провело классификацию трафика КИВС, и поскольку некоторые сегменты сети планируется арендовать у оператора связи, согласовало принятую классификацию с поддерживаемыми им классами обслуживания следующим образом:

- первый класс – класс обслуживания с высоким приоритетом – соответствует трафику видеоконференций и ряда приложений, для которого задержки критичны;
- второй класс – класс обслуживания со средним приоритетом – соответствует трафику телефонии и приложений, для которого потери пакетов критичны;
- третий класс – класс обслуживания с низким приоритетом – соответствует обычному бизнес-трафику, к которому особых требований не предъявляется.

Качество работы рассматриваемой КИВС характеризуется набором технических параметров, которые условно можно разделить на параметры качества транспортировки сетевых сервисов и основные параметры качества сети. Качество транспортировки сетевых сервисов определяется следующими параметрами: задержка, вариация задержки, потери пакетов. К основным параметрам качества отнесены: готовность сети и её пропускная способность.

Модель оценки обобщённого качества K представляет собою функцию следующего вида: $X_1 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0;1]$, где

$$X_1 \times \dots \times X_7 = \{(G, PC, Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3) \mid G \in X_1,$$

$$PC \in X_2, Z_1 \in X_3, BZ_1 \in X_4, PPP_1 \in X_5, Z_2 \in X_6, BZ_2 \in X_7, PPP_2 \in X_8, Z_3 \in X_9,$$

$BZ_3 \in X_{10}, PPP_3 \in X_{11}\}$; $(G, PC, Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3)$ – вектор показателей обобщённого качества сети; G – готовность, PC – пропускная способность, Z_i, BZ_i, PPP_i – соответственно задержка, вариация задержки, потери пакетов в i -ом классе, $i = 1;2;3$.

Таким образом, количественной оценкой обобщённого качества КИВС является число, принадлежащее отрезку $[0;1]$. Обозначим эту оценку через $\|K\|$. Оценка $\|K\|$ используется при принятии одного из следующих решений: S_1 – улучшение качества КИВС не требуется; S_2 – улучшение качества требуется и возможно; S_3 – улучшение качества требуется, но оно невозможно.

Модель количественной оценки основного качества $K_{осн}$ представляет собою функцию следующего вида: $\|K_{осн}\|: X_1 \times X_2 \rightarrow [0;1]$, где $X_1 \times X_2 = \{(G, PC) \mid G \in X_1, PC \in X_2\}$.

Модель количественной оценки качества транспортировки сетевых сервисов K_m – функция вида: $\|K_m\|: X_3 \times \dots \times X_{11} \rightarrow [0;1]$, где

$$X_3 \times \dots \times X_{11} = \{(Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3) \mid Z_1 \in X_3, BZ_1 \in X_4,$$

$$PPP_1 \in X_5, Z_2 \in X_6, BZ_2 \in X_7, PPP_2 \in X_8, Z_3 \in X_9, BZ_3 \in X_{10}, PPP_3 \in X_{11}\}.$$

Модель количественной оценки качества обслуживания K_i в i -м классе ($i = 1;2;3$) – функция вида: $\|K_i\|: \{(Z_i, BZ_i, PPP_i)\} \rightarrow [0;1]$.

Иерархическую взаимосвязь между входными переменными, классами входных переменных и выходной переменной (интегральным показателем) представим в виде дерева логического вывода (рис. 1).

Элементы дерева интерпретируются следующим образом. Корень дерева – количественная оценка обобщённого качества K ; терминальные вершины $G, PC, Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3$ – частные показатели; нетерминальные вершины $f(K_{осн}), f(K_1), f(K_2), f(K_3)$ – свёртки частных показателей; дуги $K_{осн}, K_1, K_2, K_3$ – укрупнённые показатели; нетерминальные вершины $f(K_m)$ и $f(K)$ – свёртки укрупнённых показателей; дуга K_m – укрупнённый показатель. Каждый

частный, а также каждый укрупнённый показатель рассматривается как лингвистическая переменная, то есть переменная с лингвистическими значениями, выражающими качественные оценки.

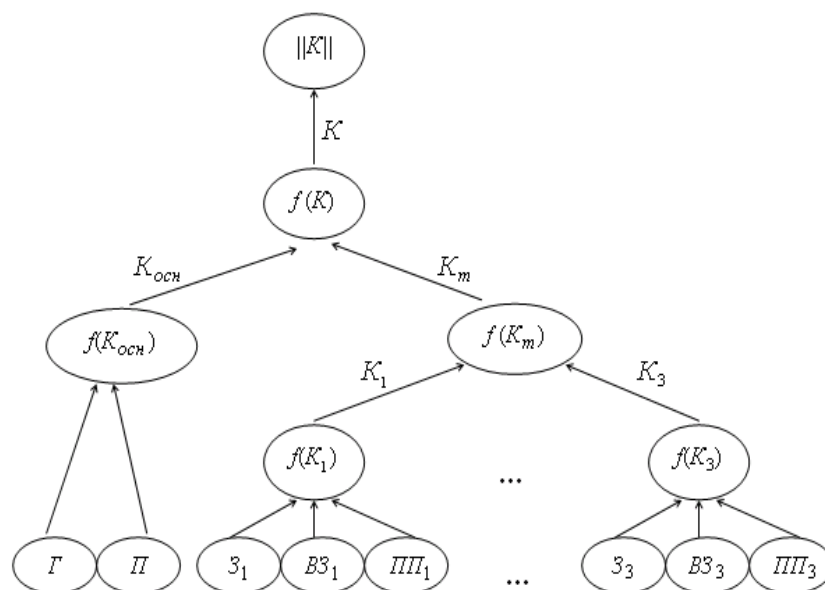


Рис.1 Иерархическая классификация переменных, влияющих на оценку обобщённого качества КИВС

Каждая из свёрток $f(K_{осн})$, $f(K_1)$, $f(K_2)$, $f(K_3)$, $f(K_m)$ и $f(K)$ производится с помощью логического вывода по экспертным нечётким базам знаний типа Мамдани. При определении формы функций принадлежности, ассоциированных с каждой переменной, экспертам было предложено выбрать треугольную. Выбор кусочно-линейной функции принадлежности был в значительной степени обусловлен малым объёмом имеющейся релевантной информации. Кусочно-линейные функции принадлежности приводят к получению локально линейных поверхностей отклика модели (при условии правильного выбора других составляющих системы), что положительно сказывается на точности моделирования в условиях малого объёма информации ([2]). В качестве нечётких баз знаний, являющихся носителем экспертной информации, были сформулированы логические правила, которые выражаются в виде пар посылок и заключений типа «ЕСЛИ..., ТО...». Элементы антецедентов нечётких правил связаны логической операцией И.

Логический вывод по иерархической нечёткой базе знаний был выполнен таким образом, что над промежуточными переменными $K_{осн}$, K_1 , K_2 , K_3 и K_m последовательно производились операции дефаззификации и фаззификации: нечёткие результаты промежуточных логических выводов дефаззифицировались, затем полученные чёткие значения подавались на вход нечётких систем следующего уровня иерархии и там они фаззифицировались. Поэтому для промежуточных переменных необходимо определять функции принадлежности. Это, безусловно,

является недостатком указанного способа. Однако такой способ моделирования иерархической нечётко-логической системы позволяет получить систему частных моделей оценки качества: $K_{осн}$, K_1 , K_2 , K_3 и K_m , что является необходимым при проведении постоянного мониторинга качества функционирования КИВС.

Моделирование нечёткой системы средствами инструментария нечёткой логики.

Рассмотрим задачу оценки качества транспортировки сетевых сервисов для класса обслуживания с высоким приоритетом. Для создания СНЛВ (системы нечёткого логического вывода) запускаем в Matlab модуль fuzzy. Добавляя входные переменные, получаем следующую структуру СНЛВ: три входа (задержка, вариация задержки, потери пакетов), механизм нечёткого вывода Мамдани, один выход (качество K_1). Каждой входной и выходной переменной ставим в соответствие набор функций принадлежности (ФП) типа trimf. Для переменной Z_1 был определён диапазон значений от 0 до 80 (единица измерения – миллисекунда), терм-множества {низкая, средняя, высокая}. Для переменной BZ_1 диапазон значений составил отрезок от 0 до 60 (единица измерения – миллисекунда), терм-множества {низкая, средняя, высокая}. Для переменной $ПП_1$ диапазон значений был выбран от 0 до 2 (единица измерения – процент), терм-множества {низкие, средние, высокие}. Значения выходной переменной K_1 были определены в диапазоне от 0 до 1 (единица измерения – действительное число); затем были добавлены пять ФП типа trimf, терм-множества {неприемлемо низкое, низкое, среднее, выше среднее, высокое}. В качестве базы знаний были сформулированы 27 правил управления. В качестве иллюстрации укажем, например, такие:

Если Z_1 низкая и BZ_1 низкая и $ПП_1$ низкие, то K_1 высокое.

Если Z_1 низкая и BZ_1 средняя и $ПП_1$ средние, то K_1 выше среднего.

Если Z_1 средняя и BZ_1 средняя и $ПП_1$ средние, то K_1 среднее.

Если Z_1 средняя и BZ_1 высокая и $ПП_1$ средние, то K_1 низкое.

Если Z_1 высокая и BZ_1 высокая и $ПП_1$ высокие, то K_1 неприемлемо низкое.

С помощью средства просмотра правил вывода вводятся значения входных данных, отображается процесс нечёткого вывода и результат.

Аналогичным образом были разработаны СНЛВ для оценок качеств K_2 и K_3 . Полученные значения оценок качеств K_1 , K_2 и K_3 были введены как значения входных данных в СНЛВ для оценки качества K_m .

Для создания СНЛВ оценки качества $K_{осн}$ использовались входные переменные: готовность: диапазон значений [0;1000] (единица измерения –

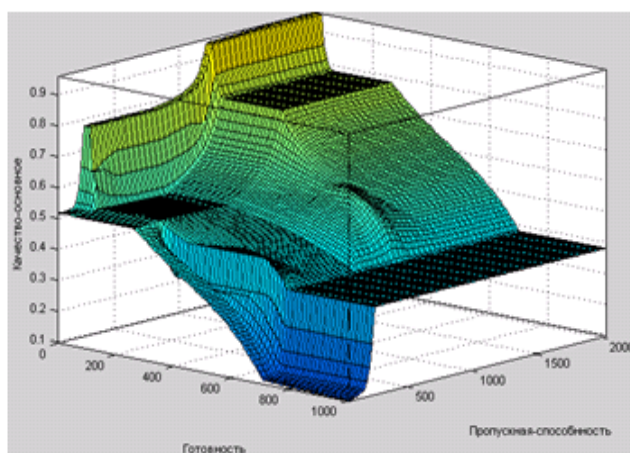


Рис. 2. Карта поверхности системы оценки $K_{осн}$

минута), терм-множества {низкая, средняя, высокая} и соответствующие значения (200; 1000; 1000), (25; 53; 303), (0; 0; 65); пропускная способность: диапазон значений [64;2048] (единица измерения – кбит/с), терм-множества {низкая, средняя, высокая} и значения (64; 64; 260), (192; 768; 1200), (786; 2048; 2048). В качестве базы знаний были сформулированы девять правил управления. Поверхность вывода, соответствующая

указанным правилам приведена на рис. 2.

Кривые отклика блока формирования переменной $K_{осн}$ – на рис. 3

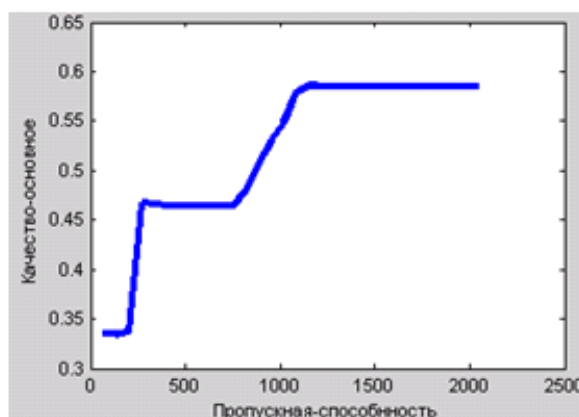
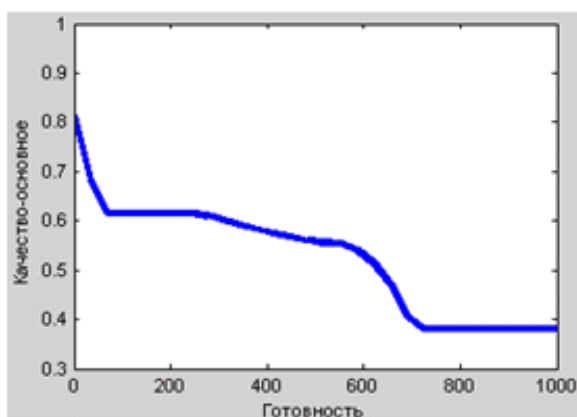


Рис.3. Кривые отклика блока формирования переменной $K_{осн}$

Полученные значения оценок качеств K_m и $K_{осн}$ были введены как значения входных данных в СНЛВ для оценки обобщённого качества K . Геометрическая интерпретация полученной зависимости изображена на рис. 4. Система для оценки качества проектируемой сети на основе информации о параметрах качества с учётом классов сервиса и применением нечёткого моделирования была

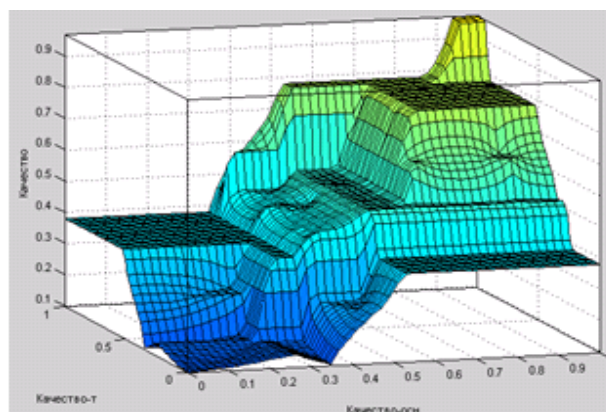


Рис. 4. Карта поверхности системы оценки K

протестирована и показала следующие результаты. Определены оценки качеств K_1 , K_2 , K_3 для классов и на их основе – оценка качества K_m транспортных услуг сети. При входных данных (14; 12; 0,3) $\|K_1\| = 0,97$, что соответствует оценке качества «высокое» для трафика высокого класса обслуживания (чувствительного к задержке). При входных данных (11; 11; 0,17) $\|K_2\| = 0,96$, что соответствует высокой оценке качества для трафика среднего класса обслуживания (чувствительного к параметру «потери пакетов»). При входных данных (21; 15,1; 1,5) $\|K_3\| = 0,841$, что соответствует оценке качества «выше среднего» для трафика низкого класса обслуживания. На основе вектора $(K_1, K_2, K_3) = (0,97; 0,96; 0,841)$, была определена оценка качества транспортных услуг сети для трёх классов: $\|K_m\| = 0,962$ (высокое). Оценка качества $K_{осн}$ при входных данных (18; 1248) оказалась равной 0,949, что соответствует оценке качества «высокое. Оценка обобщённого качества КИВС: $\|K(0,962; 0,949)\| = 0,964$ (качество – высокое).

Структурная схема моделирующего алгоритма системы управления качеством.

Процесс функционирования предлагаемой системы представлен на рис. 5.

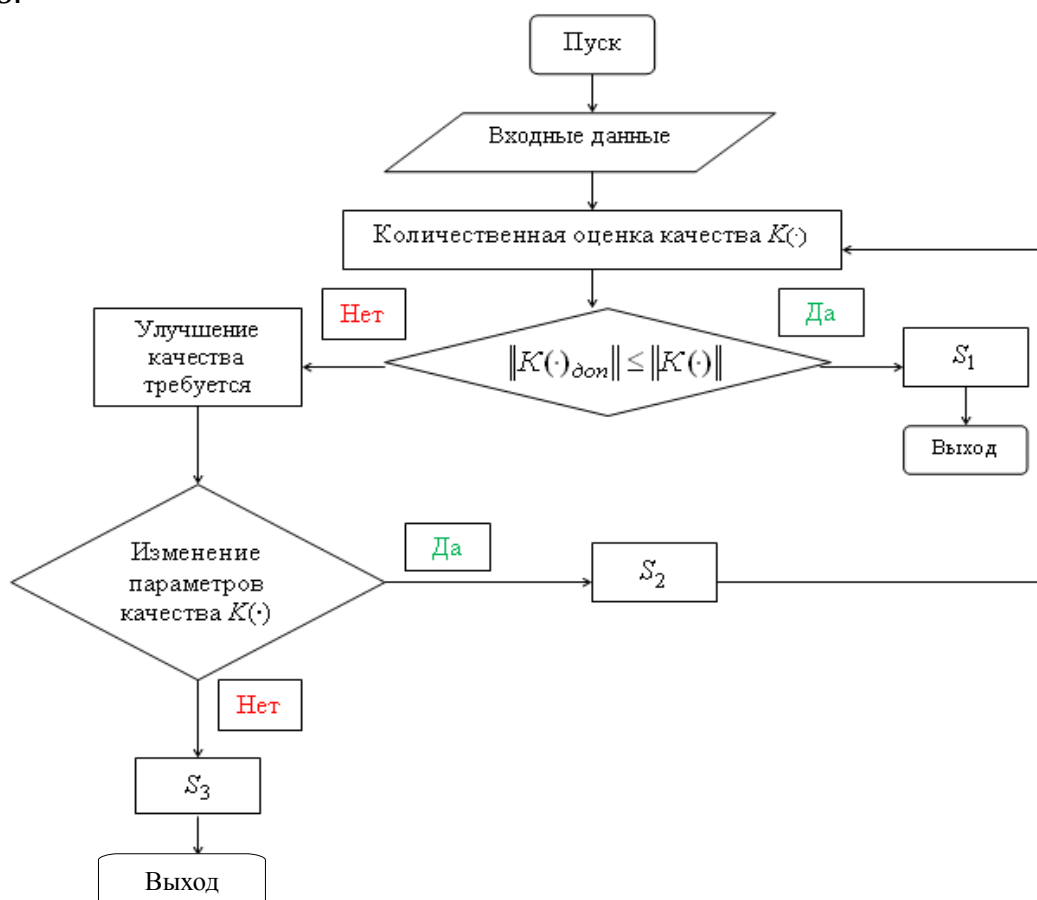


Рис. 5. Структурная схема моделирующего алгоритма системы управления качеством

В соответствии со схемой рис. 5, видно, что если условие блока « $\|K(\cdot)_{don}\| \leq \|K(\cdot)\|$ » выполняется, то улучшения качества КИВС в данный период не требуется. Если же условие блока не выполняется, то необходимо провести анализ работы сети с целью повышения её качества. Для этого необходимо выяснить, какие из показателей качества можно улучшить – блок «Изменение параметров качества $K(\cdot)$ ». Если условие этого блока выполнимо, то – переход к блоку S_2 (улучшение результатов деятельности требуется и возможно) и после изменения значений показателей – возвращение к блоку «Количественная оценка качества $K(\cdot)$ », где производится оценка качества после проведённых мероприятий. Если корректировка показателей качества невозможна, то – переход к блоку S_3 (улучшение качества требуется, но невозможно) – выход.

Таким образом, для управления качеством КИВС необходимо:

- 21.определить текущее значение выходной переменной $\|K\|$;
- 22.сравнить его с установленным допустимым значением $\|K_{don}\|$;
- 23.подобрать значения управляющих переменных $\Gamma, \Pi, Z_1, BZ_1, PPP_1, Z_2, BZ_2, PPP_2, Z_3, BZ_3, PPP_3$ так, чтобы достичь установленного допустимого качества (при условии, что такие значения могут быть обеспечены).

Заключение

Нейросетевые технологии (и в частности, возможности интерактивного модуля anfisedit в рамках пакета Fuzzy Logic Toolbox) позволяют провести моделирование параметров качества и определить динамику их изменения в случае большого числа входных параметров. Адаптивная нейро-нечёткая система автоматически синтезирует из экспериментальных данных нейро-нечёткие сети. При этом функции принадлежности синтезированных систем настроены так, чтобы минимизировать отклонения между экспериментальными данными и результатами нечёткого моделирования. Таким образом, оценку качества КИВС представляется возможным проводить по экспериментальным данным имитационной модели или реальной сети.

Список литературы

1. Любецкий В.А. Оценки и пучки 0 некоторых вопросах нестандартного анализа. - Успехи математических наук, т. 44, вып. 4(268), 1989, с.99-153.
2. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Лаборатория знаний, 2009.- 798с.
3. Ярушкина, Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004.- 320с.
4. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Inform. Contr. 1965. V.8. P. 338—353.

Зверков О.А.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук
(ИППИ РАН), научный сотрудник, zverkov@iitp.ru

Использование быстрых алгоритмов в задаче кластеризации последовательностей

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Кластеризация, быстрый алгоритм, биоинформатика.

АННОТАЦИЯ:

Для современной молекулярной биологии характерно экспоненциальное увеличение объёмов доступных геномных данных. Несмотря на постоянный рост производительности вычислительной техники, одного этого далеко не достаточно для удовлетворения растущих потребностей биоинформатики. Поэтому создание и использование быстрых вычислительных алгоритмов в задачах биоинформатики сохраняет и всё увеличивает свою актуальность. В данной работе приводится пример использования таких алгоритмов в задаче кластеризации белков.

Введение

Одной из важнейших задач биоинформатики является кластеризация генов или белков (будем для определённости говорить о белках) из различных видов живых организмов (ниже слово «вид» употребляется везде только в этом специальном смысле), т.е. разделение данного множества белков на кластеры (непересекающиеся подмножества) таким образом, что (неформально говоря) внутри одного кластера находятся гомологичные (родственные) белки из разных видов, а в разных кластерах — не гомологичные (не родственные или отдалённо родственные) белки. Более подробно задача кластеризации белков обсуждается, например, в нашей статье [1]. Одной из возможных формализаций этой задачи является оригинальный алгоритм, описанный в той же статье и коротко изложенный для удобства в следующем пункте.

Алгоритм кластеризации белков

Математически решается следующая задача. Дано множество белков (последовательностей в двадцатибуквенном алфавите), из набора видов живых организмов. Требуется построить кластеризацию (т.е. разбиение этого множества белков на попарно непересекающиеся подмножества), так чтобы в один кластер попали сходные по последовательности белки из разных видов, а белки из одного вида как можно реже попадали в один кластер. Нами предложен следующий алгоритм нахождения упомянутых

кластеров, результаты которого согласуются с биологическими наблюдениями. Кластеры формируются измельчением, начиная с единственного кластера, содержащего все белки. Общий план работы алгоритма показан на рис. 1.

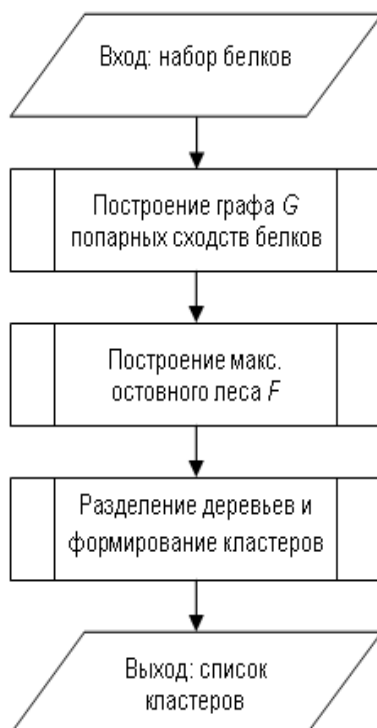


Рисунок 1. Общий план алгоритма кластеризации

Пусть задан набор видов S_i и для каждого вида перечислены его белки P_{ij} . Для всех пар белков (P_{ij}, P_{kl}) из всех пар видов вычисляется значение сходства $s_0(P_{ij}, P_{kl})$ белков как качество оптимального глобального выравнивания этих последовательностей. Затем алгоритм вычисляет значение *нормированного сходства* $s(P_{ij}, P_{kl})$ белков: $2s_0(P_{ij}, P_{kl})(s_0(P_{ij}, P_{ij}) + s_0(P_{kl}, P_{kl}))^{-1}$.

Рассматривается *полный* неориентированный граф G_0 с множеством вершин $\{P_{ij}\}$, в котором каждому ребру (P_{ij}, P_{kl}) приписано значение $s(P_{ij}, P_{kl})$, которое будем называть *весом* этого ребра. По G_0 строится разреженный граф G , включающий лишь рёбра (P_{ij}, P_{kl}) , удовлетворяющие условиям:

$$s(P_{ij}, P_{kl}) = \max_m s(P_{im}, P_{kl}) = \max_m s(P_{ij}, P_{km}) \text{ и } s(P_{ij}, P_{kl}) \geq L,$$

где максимумы берутся по всем белкам из соответствующих видов, i -го и k -го, а L — параметр алгоритма, по умолчанию равный нулю. Если $i=k$, то предполагается ещё условие $m \neq l$.

В полученном графе G алгоритм процедурой Крускала строит максимальный (по суммарному весу рёбер) остовный лес F (рис. 2). А именно, в G перебираются рёбра в порядке убывания их веса (при совпадении весов сначала выбираются рёбра, соединяющие белки одного

вида), которые объявляются рёбрами строящегося леса F , если добавление к F очередного ребра из G не приводит к появлению в F цикла. В результате F не содержит циклов, т.е. является лесом, и включает все вершины из G .

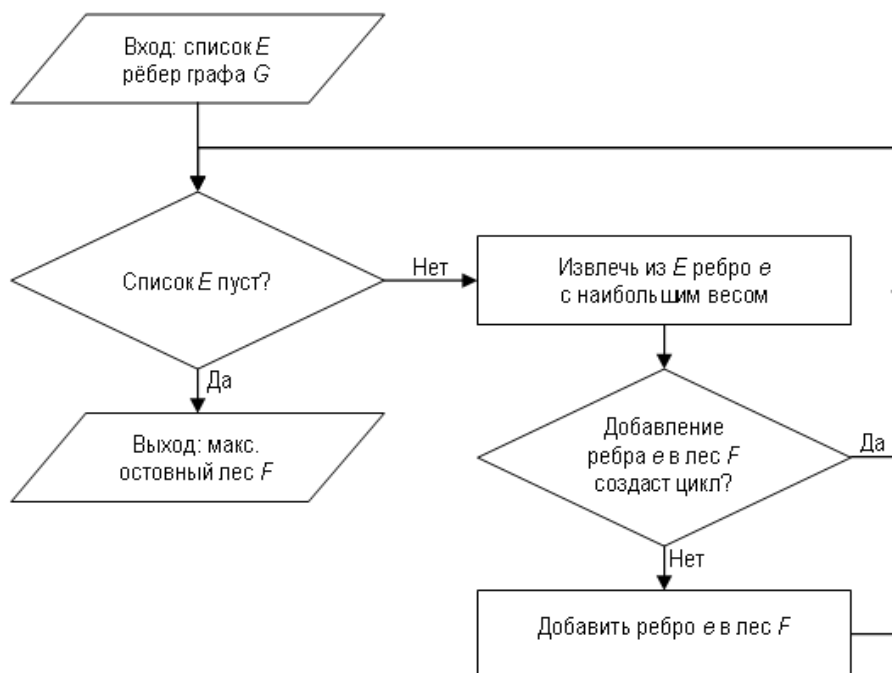


Рисунок 2. Схема алгоритма построения максимального остовного леса. В начале список E содержит все рёбра графа G , а лес F — все вершины графа G . В результате: список E пуст, а лес F накрывает все вершины графа G и его вес максимальный.

Затем к лесу F применяется следующая процедура разделения деревьев (рис. 3), строящая набор C искоемых белковых кластеров. Пусть T — дерево из F и e_0 — ребро в T с минимальным по всем ребрам в T весом s_0 . Если $s_0 < H$, где H — параметр алгоритма, и T не удовлетворяет сформулированному ниже критерию сохранения дерева, то T заменяется в F на два новых дерева T' и T'' путём удаления из T ребра e_0 ; в противном случае (т.е. критерий выполнен или $s_0 \geq H$) дерево T перемещается из F в список C .

Критерий сохранения дерева T состоит в выполнении трёх условий (рис. 4):

(1) $|T| \leq pn$, где $|T|$ — число вершин в дереве T , n — число всех видов в исходном наборе, p — параметр алгоритма;

(2) ребро (P_{mq}, P_{kl}) с минимальным в T весом соединяет белки P_{mq} и P_{kl} , у которых $m \neq k$;

(3) любая пара вершин P_{mq} и P_{ml} дерева T , соответствующих белкам из одного вида, соединена в T путём, состоящим из вершин, соответствующих белкам того же вида (т.е. подграфы, которые состоят из вершин, относящихся к одного вида, связны).

Если в F ещё остались деревья, то рассматривается следующее дерево T из F , иначе алгоритм завершает работу. Полученный в результате набор деревьев C представляет собой кластеры исходных белков: один кластер

состоит из последовательностей, приписанных всем вершинам одного дерева.

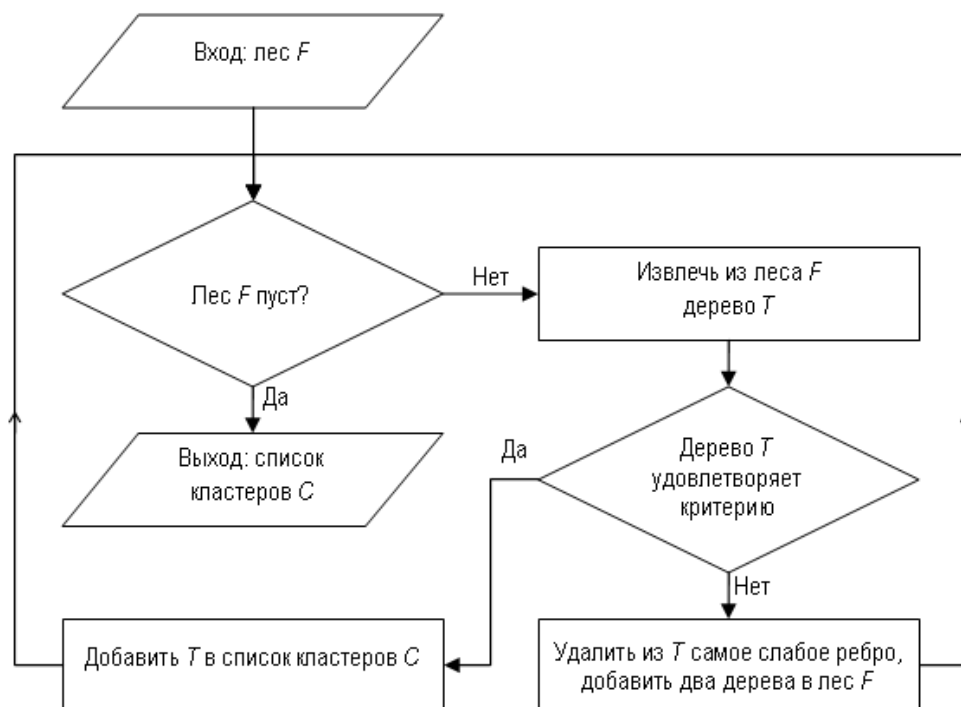


Рисунок 3. Схема алгоритма разделения леса и формирования кластеров. Вначале лес F — максимальный остовный лес G , а список кластеров C пуст. В результате лес F пуст, а список C содержит набор искомых кластеров

Технический анализ

Как видно из описания алгоритма, для его работы требуется вычислить значения сходства для всех пар белков из данного набора. При характерных объёмах протеома (набора различных белков одного организма) порядка 10^4 белков, для кластеризации белков нескольких десятков организмов требуется порядка 10^{11} операций построения оптимального парного выравнивания белков. (Для наглядности: эта величина порядка числа секунд в тысячелетии.) В свою очередь, нахождение оптимального парного выравнивания требует выбора одного из огромного числа вариантов взаимного расположения двух аминокислотных последовательностей. Число возможных вариантов выравнивания пары белков экспоненциально зависит от их длины, поэтому попытка найти оптимальное выравнивание путём построения всевозможных выравниваний и выбора из них лучшего требует невыполнимого на практике за разумное время числа операций даже для относительно коротких белков.

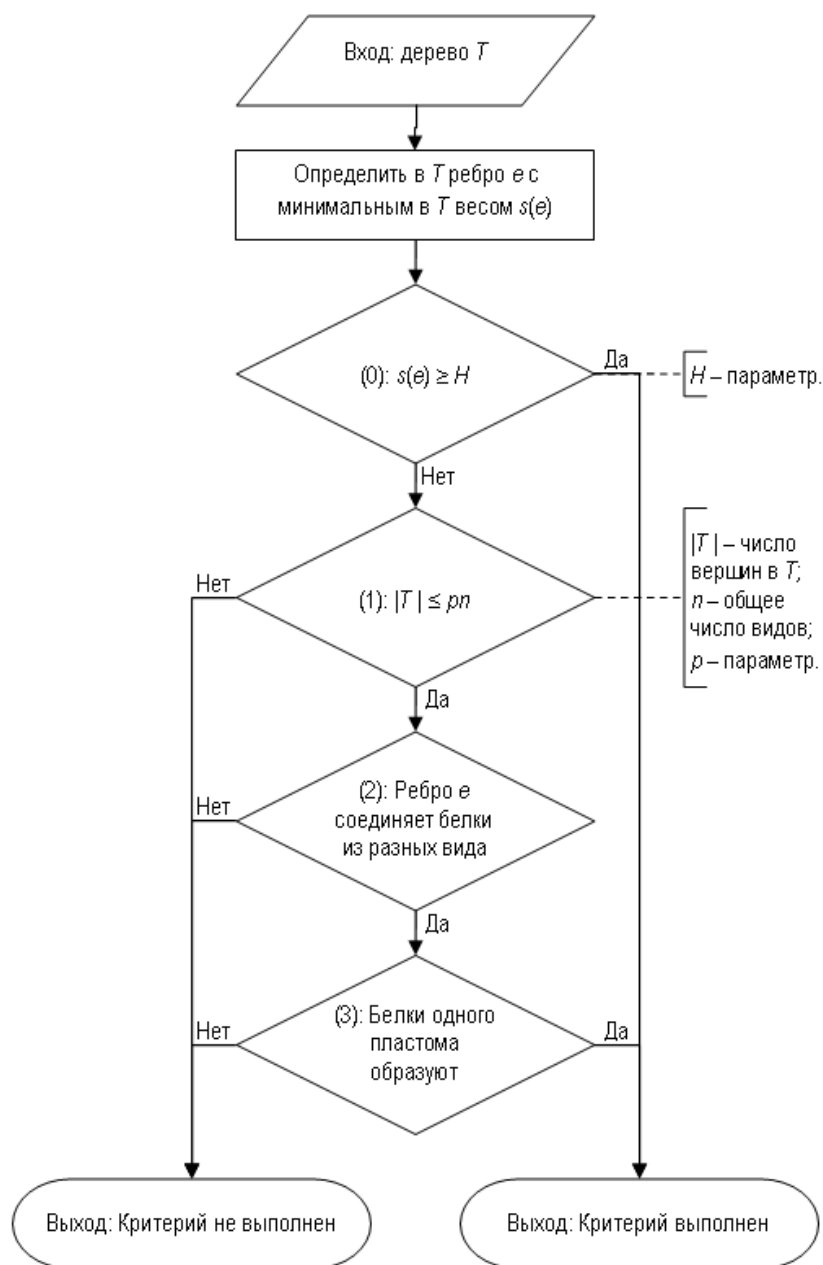


Рисунок 4. Схема проверки критерия сохранения дерева

Для решения этой задачи используется алгоритм [2], основанный на общем подходе, известном как *метод динамического программирования*. Его применение основано на наблюдении, что при фиксированном выравнивании некоторых префиксов двух данных последовательностей, выравнивание можно продолжить на следующую позицию лишь тремя способами (a/b , $a/-$, $-/b$, где a — очередная буква первой последовательности, b — очередная буква второй последовательности, “—” — символ делеции). То есть, если ранее найдено оптимальное выравнивание для некоторых префиксов данных последовательностей, его можно оптимальным образом продолжить на одну позицию, выбрав из трёх упомянутых вариантов. Такой подход позволяет снизить вычислительную

сложность построения оптимального выравнивания до квадратичной, сведя его (в случае линейного штрафа за делеции) к $m \times n$ операциям вычисления максимума трёх целых чисел (где m и n — длины последовательностей).

Реализация указанного подхода на низкоуровневом языке программирования позволяет достигнуть на современных микропроцессорах времени построения выравнивания двух белков типичных размеров порядка нескольких миллисекунд. При использовании параллельных вычислений на высокопроизводительном компьютерном кластере с числом параллельных потоков вычислений порядка тысячи, удаётся выполнить порядка 10^{10} выравниваний в сутки, что позволяет произвести все необходимые для кластеризации операции сравнения белков за приемлемое время.

Вторая техническая сложность — хранение и обработка больших объёмов данных о сходстве белков. Как указано выше, число таких значений имеет порядок 10^{11} (т.е. порядка терабайта данных), что делает оперативный поиск нужного значения технически сложной задачей. Для её решения используется описанный выше приём разрежения графа. После вычисления всех значений сходства для пары белков из двух фиксированных геномов можно сразу найти для каждого белка из первого генома максимально сходные белки из второго генома и в дальнейшем хранить и использовать лишь значения сходства для взаимно максимально сходных белков. Это позволяет снизить объём используемых данных примерно на четыре порядка (характерное число белков одного протеома).

После удаления несущественных рёбер (разрежения графа) остаётся порядка 10^7 рёбер. Для дальнейшего удаления избыточных рёбер в алгоритме используется метод Крускала [3] построения максимального (по весу) остовного леса, в быстрой реализации которого существенную роль играет хранение компонент связности в виде *системы непересекающихся множеств*. Это позволяет выполнять разделение графа на компоненты связности и построение в каждой из них максимального остовного дерева за время порядка $O(E \log(E)) + O(E \alpha(E, V))$, где α — функция, обратная к функции Аккермана (которую можно оценить константой для всех практических задач). Тот же быстрый алгоритм используется и на стадии разделения деревьев, что существенно для производительности, так как эта процедура повторяется при каждом удалении ребра.

Примеры результатов

Описанный алгоритм был успешно применён для построения кластеризации кодируемых в пластидах и митохондриях белков широких таксономических групп растений и простейших; в частности, в пластомах 186-ти видов цветковых растений; в митохондриях 66-ти видов таксономической группы зелёных растений (Viridiplantae) [1]; белков родофитной и хлорофитной (водоросли и мохообразные) ветвей пластид [4; 5]. На этой основе получены биологические результаты. Например,

найжены белковые семейства, специфичные для пластовов небольших таксономических групп водорослей и простейших [4]; проведен поиск и анализ РНК-полимераз в ядерных геномах споровиков [4]; изучены вставки прямых повторов в микроэволюции митохондрий и пластов растений [5]; в митохондриях винограда (*Vitis vinifera*) найдены уникальные для них белки, которые типичны для пластов, что позволяет предсказать горизонтальный перенос из пластов в митохондрии [1]. В настоящее время алгоритм применяется для кластеризации полных протеомов нескольких десятков животных, что соответствует масштабам, используемым для примера выше.

Литература

1. Любецкий В.А., Селиверстов А.В., Зверков О.А. Построение разделяющих паралоги семейств гомологичных белков, кодируемых в пластодах цветковых растений // *Математическая биология и биоинформатика*. 2013. Т. 8, № 1. С. 225–233.
2. Needleman S.B., Wunsch C.D. A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins // *Journal of Molecular Biology*. 1970. V. 48, No. 3. P. 443–453.
3. Kruskal J.B. On the Shortest Spanning Subtree of a Graph and the Traveling Salesman Problem // *Proc. AMS*. 1956. V. 7, No. 1. P. 48–50.
4. Зверков О.А., Селиверстов А.В., Любецкий В.А. Белковые семейства, специфичные для пластовов небольших таксономических групп водорослей и простейших // *Молекулярная биология*. 2012. Т. 46, № 5. С. 799–809.
5. Зверков О.А., Русин Л.Ю., Селиверстов А.В., Любецкий В.А. Изучение вставок прямых повторов в микроэволюции митохондрий и пластов растений на основе кластеризации белков // *Вестник Московского университета. Серия 16: Биология*. 2013. № 1. С. 8–13.

Любецкий В.А.¹, Горбунов К.Ю.²

¹ Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), зав. лаб. математических методов и моделей в биоинформатике, lyubetsk@iitp.ru

² Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), и.о. вед. н.с. лаб. математических методов и моделей в биоинформатике, gorbunov@iitp.ru

Задачи и алгоритмы, связанные с хромосомными перестройками

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Геном, хромосомная структура, хромосомная перестройка, эволюционный сценарий, эволюционное дерево, предковая структура, паралог, цена события.

АННОТАЦИЯ:

В настоящее время накоплено значительное количество данных о геномах различных организмов, в частности, об их хромосомных структурах. В связи с этим приобретает особую актуальность разработка эффективных алгоритмов обработки этих данных, построения возможных сценариев хромосомных перестроек, в частности, сценариев эволюции хромосомных структур вдоль эволюционного дерева. Мы рассматриваем основные задачи в этой области и алгоритмы их решения.

Задача поиска кратчайшей последовательности хромосомных перестроек. Пусть фиксировано натуральное число n . Хромосомной структурой без паралогов назовем множество линейных или циклических хромосом, составленных из n генов. Точнее, пусть каждый ген с номером i имеет два конца: i_1 и i_2 . Если два гена в хромосоме идут друг за другом, то произвольный конец одного из них может следовать за произвольным концом другого. Эти два конца естественно представлять склеенными друг с другом. Каждый конец гена может быть склеен не более, чем с одним концом другого (или того же) гена. Таким образом, хромосомную структуру естественно представлять в виде паросочетания на множестве концов генов. Граф с вершинами – концами генов и ребрами – склейками, – будем называть графом хромосомной структуры. Очевидно, вершин в этом графе в два раза больше, чем генов в структуре.

Пусть даны две хромосомные структуры на одном и том же множестве из n генов и обе представлены своими графами. Рассмотрим задачу: найти кратчайшую последовательность операций, переводящую одну структуру в другую. Разрешены следующие операции [1]: разрыв двух склеек и переклейка четырех концов по другому (двойная переклейка), разрыв одной склейки и склейка одного ее конца с изолированной

вершиной (полуторная переклейка), просто разрыв одной склейки или обратная к нему операция склейки двух изолированных вершин (одинарные переклейки). Заметим, что в силу симметричности операций задача эквивалентна задаче поиска наименьшего числа таких операций, что каждая из них применяется к любой из двух структур и в конце структуры становятся совпадающими. Именно такую задачу решает приводимый ниже алгоритм.

Общим графом двух структур назовем граф, в котором вершинами являются $2n$ концов всех генов, а ребрами – ребра обеих паросочетаний, причем ребра одного из них помечены буквой a , а другого – буквой b . Легко видеть, что этот граф является объединением чередующихся (a,b) -цепей и циклов. Длиной цепи или цикла назовем число ребер в ней (в нем), изолированные вершины считаем цепями длины 0.

Мы предлагаем линейный по времени алгоритм, строящий кратчайшую последовательность хромосомных перестроек для двух данных структур. Он описывается в терминах общего графа, и не требует построения более сложных структур, таких, как, например, в [1–2] (обзор и дальнейшие ссылки по истории вопроса можно найти в сборнике [3]). Алгоритм легко обобщается на случай присутствия паралогов в структурах.

Алгоритм. Будем преобразовывать общий граф следующим образом.

1) Пока есть цепи длины больше 2 выполняем разбиение каждой такой цепи на цикл и более короткую цепь двойной переклейкой (очевидно, такая переклейка всегда существует и задается произвольной парой одинаково помеченных ребер цепи).

2) Пока есть циклы длины больше двух (очевидно, длина цикла всегда четная), выполняем разбиение каждого такого цикла на два цикла двойной переклейкой (очевидно, такая переклейка всегда существует и задается произвольной парой одинаково помеченных ребер цикла).

3) Для каждой цепи длины 2 разбиваем ее на цикл длины 2 и изолированную вершину полуторной переклейкой.

4) Для каждой цепи длины 1 разбиваем ее на 2 изолированных вершины одинарной переклейкой.

Обоснование алгоритма. Определим качество общего графа двух структур, как число циклов в нем плюс половина числа четных цепей (т.е. цепей четной длины, в том числе длины ноль). Заметим, что общий граф двух совпадающих структур всегда имеет качество, равное n , а граф двух несовпадающих структур – строго меньшее n . Оптимальность числа операций в алгоритме следует из того, что любая операция увеличивает качество общего графа не более, чем на единицу, а каждая операция алгоритма – ровно на единицу. Линейность времени алгоритма очевидна.

Случай наличия паралогов. Пусть каждый ген представлен в одной или двух копиях (эти копии называем паралогами). Тогда для каждого i в общем графе могут быть либо одна пара вершин (i_1, i_2) , либо две: (i'_1, i'_2) и (i''_1, i''_2) . Генным автоморфизмом назовем подстановку на множестве генов,

где каждый ген отображается либо в себя, либо в свой паралог. Две хромосомные структуры изоморфны, если существует автоморфизм, переводящий их друг в друга (т.е. если они неотличимы с точностью до паралогов). Теперь задача: найти кратчайшую последовательность операций, переводящую данную структуру A в структуру, изоморфную данной структуре B . Поскольку генных автоморфизмов не более 2^n , то при не очень больших n их можно перебрать. Для каждого из них решается задача, описанная в предыдущем пункте. На входе у нее структура A и структура B' , получающаяся применением рассматриваемого автоморфизма к структуре B .

Аналогичная постановка задачи и алгоритм имеют место и в случае произвольного числа паралогов у каждого гена, хотя число генных автоморфизмов (и, соответственно, время алгоритма) быстро растет с увеличением числа паралогов.

Задача поиска кратчайшей последовательности хромосомных перестроек для случая наличия операций вставок и удалений. Еще одно обобщение задачи состоит во введении операций вставок и удалений отрезков генома. Отрезок из одного или нескольких сцепленных генов может удалиться из хромосомной структуры в следующих случаях:

а) если он находится внутри линейной или циклической хромосомы (при этом два конца генов, между которыми он находился, склеиваются друг с другом);

б) если он находился с одного из краев линейной хромосомы (при этом соседний с ним конец гена остается не склеенным);

в) если он являлся отдельной линейной хромосомой.

В дополнение к пункту в) допускается удаление не только линейной, но и циклической хромосомы.

Вставка отрезка сцепленных генов – операция, обратная к удалению.

Рассматривается задача: даны две хромосомные структуры и требуется кратчайшим числом операций привести их к общей структуре (в дальнейшем это число будем называть расстоянием между структурами). При этом налагается условие – удаляться из структуры могут лишь гены, не принадлежащие другой структуре. Соответственно, вставляться могут лишь гены, не принадлежащие ни одной из двух текущих структур, но принадлежащие хоть одной из двух начальных структур. При таком условии вышеописанная задача без вставок и удалений является частным случаем данной задачи для случая, когда все гены принадлежат обоим структурам. Алгоритм решения этой задачи находится в стадии разработки.

Задача восстановления структуры вдоль дерева видов и алгоритм ее решения. В этой задаче дано эволюционное дерево видов и в каждом его листе задана своя хромосомная структура. Обозначим V – множество генов в объединении всех данных структур. Требуется восстановить хромосомные структуры на внутренних вершинах дерева так, чтобы минимизировать функционал F – сумму по всем ребрам дерева

расстояний между структурами, стоящими на концах ребра. Отметим, что разумно иметь на входе дерево, разбитое на временные слои (см. [4–6]), тогда длина каждого ребра (в смысле эволюционного времени) будет примерно одинаковым и не потребуется вводить поправочные коэффициенты в функционал F .

Чтобы задача могла быть решена эффективным алгоритмом, заменим функционал F на более простую функцию f . Для каждой внутренней вершины дерева введем свою переменную x_{ij} для каждой пары различных концов генов из V и переменную y_i для каждого гена из V . Смысл переменных: $x_{ij}=1$, если соответствующие концы склеены и $x_{ij}=0$ в противном случае; $y_i=1$ если соответствующий ген присутствует в структуре и $y_i=0$ в противном случае. Две переменные типа x назовем паралогичными, если они соответствуют одноименным концам генов с одинаковыми номерами (т.е. пары концов неотличимы с точностью до паралогов). Две переменные типа y назовем паралогичными, если они соответствуют генам с одинаковыми номерами (т.е. паралогам). Очевидно, все переменные типа x (соответственно, типа y) разбиваются на классы паралогичных переменных. Функция f равна сумме квадратов следующих выражений:

1) Для каждого ребра дерева и каждого класса паралогичных переменных типа x : сумма переменных данного класса на одном конце ребра минус их сумма на другом конце.

2) Для каждого ребра дерева и каждого класса паралогичных переменных типа y : сумма переменных данного класса на одном конце ребра минус их сумма на другом конце.

Условия, при которых минимизируется функция f , следующие:

1) Все переменные принимают значение 0 или 1.

2) Если переменная y_i представляет ген, один из концов которого соответствует переменной x_{ij} , то выполняется неравенство $y_i \geq x_{ij}$ (т.е. если $x_{ij}=1$, то и $y_i=1$).

Таким образом, получили задачу булева квадратичного программирования. В случае, если ее решение вызывает трудности, задачу можно ослабить до задачи обычного квадратичного программирования. При этом условие 1) заменяется на условие 1'): все переменные больше или равны 0 и меньше или равны 1. Для такой задачи известны эффективные алгоритмы, но полученное решение может содержать дробные значения переменных и не соответствовать набору структур. В этом случае к алгоритму добавляется следующий эвристический этап.

Упорядочим все полученные значения переменных по группам равнозначных переменных в порядке убывания их значений. Перебираем варианты установки разделителя, т.е. разбиения переменных на две части, где значения в левой части строго больше значений в правой части. Для каждого варианта все переменные в левой части положим равными 1, а в правой – равными 0, вычислим функцию f (а предпочтительнее –

функционал F). Затем выбираем лучший вариант и объявляем его решением задачи.

Литература:

1. Bergeron A., Mixtacki J., Stoye J. A unifying view of genome rearrangements. *WABI 2006. LNCS (LNBI)*, vol. 4175, pp. 163–173, 2006.
2. Fertin G., Labarre A., Rusu I., Tannier E., Vialette S. *Combinatorics of Genome Rearrangements*. Cambridge: MIT Press, 2009.
3. *Models and Algorithms for Genome Evolution*. By Cedric Chauve, Nadia El-Mabrouk, Eric Tannier (editors), Computational Biology series. Springer-Verlag, London, 2013.
4. Горбунов К.Ю., Любецкий В.А. Реконструкция эволюции генов вдоль дерева видов, *Молекулярная биология*, том 43, №5, с. 946–958, 2009.
5. Lyubetsky V.A., Rubanov L.I., Rusin L.Y. & Gorbunov K.Yu. Cubic time algorithms of amalgamating gene trees and building evolutionary scenarios. *Biology Direct*, vol. 7, no. 1, pp. 1–20, 2012.

Рубанов Л.И.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), ведущий научный сотрудник, rubanov@iitp.ru

Обработка больших данных в параллельных циклах

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Большие данные, высокопроизводительные вычисления, распараллеливание, распределенная память, неоднородный цикл.

АННОТАЦИЯ:

Рассматривается задача распараллеливания циклической обработки больших данных на вычислительных системах с распределенной памятью. Требуется обеспечить эффективное использование вычислительной мощности при существенно разной трудоемкости итераций и/или производительности процессоров. Проанализированы существующие методы распараллеливания циклов и получены эмпирические оценки эффективности для различных моделей неоднородности итераций.

Многие алгоритмы обработки больших данных содержат многократно повторяемый цикл (или вложенные циклы), тело которого эквивалентно суперпозиции двух функций, $M(W(p_n))$. Здесь W – функция без побочного эффекта, в которой сосредоточена основная вычислительная сложность итерации цикла (назовем ее «функция обработки»), а M – вычислительно простая функция с побочным эффектом, который даёт результат всего цикла вычислений («функция слияния»). Функция W может быть скалярной или векторной и в общем случае зависит от необязательного параметра (или вектора параметров) p_n , где n – индекс цикла (номер итерации). Предполагается, что все необходимые входные данные для вычисления функции W доступны внутри нее, например, содержатся в статическом массиве или генерируются с помощью псевдослучайной последовательности. Таким образом, в данной постановке не предполагается хранить результаты каждой итерации цикла, а нужно получить лишь сводные данные (статистики) по большой выборке вычисленных значений. Рассматриваются только алгоритмы, в которых итерации цикла могут выполняться независимо друг от друга и в произвольном порядке. Ставится задача ускорения обработки за счет одновременного выполнения сразу нескольких итераций цикла на отдельных процессорах, т.е. *распараллеливания цикла (РЦ)*.

Для вычислительных систем с общей памятью такая задача успешно решается средствами системы параллельного программирования OpenMP [1], однако число процессоров в них редко превышает 64, что сильно

ограничивает возможности РЦ. Мы будем рассматривать системы с распределенной памятью (кластеры), в которых межпроцессорный обмен данными осуществляется средствами стандартной библиотеки параллельного программирования MPI [2]. Важный аспект РЦ – сравнительная трудоёмкость отдельных итераций. Если цикл однородный, итерации можно выполнять синхронно, как это делается в систолических архитектурах. Нас интересует случай существенно неоднородных циклов, в которых длительность итерации меняется в широких пределах (аналогичная ситуация складывается и при вычислениях на кластере, включающем узлы с различной производительностью). Такая постановка отличается от рассматриваемой в проекте CENTAUR [3], где в теле цикла отсутствует побочный эффект, а функция обработки состоит в покоординатном преобразовании исходного вектора данных с размерностью, равной числу повторений цикла N . При этом неявно предполагается, что вычислительная сложность такого преобразования не зависит от n , а поиск наиболее эффективного решения сводится к выбору алгоритма распределения элементов данных по узлам гибридного кластера.

Для оценки эффективности РЦ при изменении числа процессоров в широком диапазоне использовалась методика, при которой время выполнения всего цикла в идеальном случае равно $N\tau$ независимо от числа процессоров (где τ – средняя длительность итерации в однопроцессорном случае, увеличиваемая пропорционально числу процессоров). Измерения проводились на суперкомпьютере МВС-100К Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН [4] с использованием до 2048 процессоров. Рассматривались 4 модели неоднородности цикла: U – длительность итерации есть случайная величина, распределенная равномерно на интервале $(0, 2\tau)$; P – длительность итерации определяется временем между последовательными событиями пуассоновского процесса с интенсивностью τ ; L – итерация имеет линейную сложность по n , т.е. длительность равна $C_1(n+1)$, где константа $C_1 \approx 2\tau/N$ выбирается так, чтобы средняя длительность итерации составляла τ ; Q – итерация имеет квадратичную сложность относительно n , т.е. длительность равна $C_2(n+1)^2$, где константа $C_2 \approx 3\tau/N^2$ выбирается так, чтобы средняя длительность составляла τ . Применялись следующие три метода РЦ.

(1) *Разделение области изменения индекса цикла.* Весь интервал изменения индекса цикла $[0, N)$ делится на m приблизительно одинаковых порций по числу процессоров так, что каждый процессор выполняет только итерации с номерами из одного класса вычетов по модулю m . Функцию слияния M внутри цикла реализует коллективная операция MPI_Gather с последующей содержательной обработкой в одной (корневой) ветви. Для тривиальных случаев обработки (сумма, произведение, максимум, минимум и т.п.) вместо этого используется одна из «готовых» коллективных операций MPI_Reduce. Такой метод широко применяется для

однородных циклов, но малопригоден для неоднородного случая. Так, при $m=1024$ время цикла значительно проигрывает идеальному РЦ; конкретно по моделям: U – 37.5%, P – 101.4%, L – 99.9%, Q – 200%. Причиной этого является синхронизирующий эффект коллективных операций MPI. Для улучшения картины следует выполнять функцию слияния локально (внутри каждого процесса), а коллективную функцию вызывать после конца цикла. В этом случае проигрыш составляет: U – 6.1%, P – 9.3%, L – 0.1%, Q – 0.15%.

(2) *Изменение порядка итераций.* Заметим, что в моделях U и L интервал длительностей итерации одинаков, а эффективность РЦ для модели U значительно хуже. Причина в том, что в модели L итерации упорядочены по трудоёмкости, и это балансирует загруженность параллельных ветвей, а в модели U итерации распределяются случайно, что приводит к неравномерной загрузке. Поэтому в ситуациях, когда трудоёмкость каждой итерации можно оценить априори (например, по фактической размерности обрабатываемых элементов больших данных), расположим их в цикле в порядке убывания сложности. Тогда даже при наличии коллективной операции в теле цикла эффективность РЦ для всех моделей уступает идеальному случаю менее 1%.

(3) *Функциональное разделение ветвей.* Этот метод РЦ основан на функциональной специализации ветвей параллельной программы и реализует архитектуру master/slave, в которой все процессоры разбиваются на две группы – рабочие и управляющие. Первая группа осуществляет непосредственное выполнение итераций цикла, а вторая, чаще всего состоящая из одного корневого процесса, служит для организации вычислений, т.е. раздачи заданий рабочим ветвям. Тот факт, что часть процессоров непосредственно не участвуют в полезной обработке данных, теряет свое значение с увеличением общего числа процессоров. Зато этот метод хорошо отвечает именно циклу из итераций с сильно различающейся трудоёмкостью, поскольку новые задания раздаются по мере освобождения рабочих процессоров. При такой организации используется двухточечный обмен MPI-сообщениями, а в коллективных операциях нет необходимости. Уже при числе процессоров $m=128$ эффективность РЦ уступает идеальной менее 1% для всех рассмотренных моделей неоднородности цикла. При очень большом числе процессоров возможно снижение эффективности из-за перегрузки корневой ветви; в таких ситуациях следует увеличивать число процессоров в управляющей группе, разделяя между ними рабочие процессоры.

Описанные методы применялись при решении ряда задач обработки больших данных в составе оригинальных параллельных алгоритмов (подробности на сайте <http://lab6.iitp.ru>).

Литература:

1. The OpenMP API specification for parallel programming [<http://openmp.org/wp/>]

2. Message-passing interface forum. MPI Documents [<http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html>]
3. CENTAUR software tools for hybrid supercomputing [<http://centaur.botik.ru/home>]
4. Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН [<http://www.jsc.ru>]

Селиверстов А.В.

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук
(ИППИ РАН), ведущий научный сотрудник, slvstv@iitp.ru

Алгоритм проверки совместимости системы двух уравнений

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Многочлен, система уравнений, регулярная функция, вычислительная сложность.

АННОТАЦИЯ:

Обсуждается вычислительная сложность проверки совместимости системы двух алгебраических уравнений и поиска особой точки на гиперповерхности. Показано, что проверка обратимости элемента в кольце регулярных функций на аффинной гиперповерхности может быть выполнена вероятностным алгоритмом без явного вычисления обратного элемента.

Проблема выбора хорошего решения или доказательство его отсутствия среди большого объема возможных вариантов часто оказывается алгоритмически трудной задачей. Примером такой задачи, тесно связанной с дискретной оптимизацией и могущей иметь приложение в области биоинформатики, служит распознавание гладких аффинных гиперповерхностей.

Рассмотрим комплексную гиперповерхность, заданную многочленом степени d от n переменных с рациональными коэффициентами, гладкую или имеющую конечное число изолированных особых точек. Легко построить пример такой гиперповерхности при $d = 4$ с особыми точками в каждой вершине куба. Число особых точек может ещё быть больше. При $d = 4$ и $n = 3$ в 1875 году Е.Е. Куммер построил поверхность, имеющую 16 особых точек.

Распознавание существования особой точки на n -мерной квартирке ($d = 4$), заданной многочленом с рациональными коэффициентами, является NP-полной задачей. Доказательство основано на сводимости задачи о рюкзаке к данной.

Поиск особой точки на аффинной гиперповерхности, заданной многочленом степени d от n переменных с рациональными коэффициентами, сводится к решению системы уравнений, выражающих обращение в нуль этого многочлена и его градиента. Общим методом решения служит вычисление базиса Грёбнера соответствующего идеала. Однако с ростом числа переменных n или степени d вычисления становятся очень трудными.

Для большого числа переменных n проверкой гладкости может служить изоморфизм с гиперповерхностью, полученной небольшой деформацией. Такой изоморфизм определяется набором регулярных функций, то есть классами эквивалентных многочленов. При $d = 2$ эти многочлены — линейные функции. Увы, для больших степеней не известно хорошей оценки для степени многочленов, задающих изоморфизм.

Частным вопросом, возникающим при доказательстве существования бирегулярного изоморфизма аффинных гиперповерхностей, служит проверка обратимости элемента в кольце регулярных функций. При $n = 1$ задача эффективно решается алгоритмом Евклида. В общем случае задача решается вычислением базиса Грёбнера идеала, порождаемого двумя многочленами. Однако сложность такого вычисления может быть очень высокой при больших значениях n из-за появления на промежуточных шагах многочленов высокой степени.

Сформулируем основной результат. Существует вероятностный алгоритм проверки несовместности системы двух алгебраических уравнений с рациональными коэффициентами степени не выше d от n переменных, требующий $poly(n)$ арифметических операций над полем при фиксированной верхней границе для степени d .

Отсюда следует, что существует эффективно проверяемое подтверждение обратимости элемента в кольце регулярных функций на аффинной гиперповерхности малой степени. Однако алгоритм не предъявляет обратный элемент, даже если он существует.

Отметим, что каждое случайно выбираемое рациональное число представимо дробью с маленькими числителем и знаменателем. Таких чисел конечное число. Поэтому вероятность ошибки строго больше нуля. Параллельное тестирование с использованием независимых случайных последовательностей позволяет значительно снизить вероятность ошибки, которая экспоненциально быстро уменьшается с ростом числа выполняемых тестов.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект 13-04-40196-Н).

**СЕКЦИЯ 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ —
ЭКОНОМИКА И ОБРАЗОВАНИЕ**

Лугачев М.И.

Д.э.н., профессор, зав.кафедрой экономической информатики, экономический факультет
МГУ имени М.В.Ломоносова, mil@econ.msu.ru

Предметная информатика – новая специализация для высшего профессионального образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Высшее профессиональное образование, специализация, ИТ-специалист.

АННОТАЦИЯ:

Целью работы является попытка обоснования необходимости институционализации отраслевых специализаций для подготовки специалистов в конкретной предметной отрасли, владеющих знаниями и навыками профессионального использования информационных ресурсов и технологий. Их сотрудничество с «чистыми» ИТ-специалистами позволит более эффективно решать актуальные научные и народнохозяйственные задачи.

Введение

Мы являемся свидетелями мощного гуманитарного технологического прорыва, в частности — интенсивного распространения информационных технологий в самые разные отрасли жизнедеятельности человека. Информационные процессы всегда играли очень важную, иногда — определяющую роль в принятии человеком решений задач любой природы, но с появлением ИТ их значение неизмеримо выросло. Информационные технологии обеспечивают добавление стоимости информации, превращают ее в товар первой необходимости. Народное хозяйство России формирует активный платежеспособный спрос на ИТ-специалистов для своих отраслей, но образование и наука явно опаздывают с его удовлетворением. В чем причина такого несоответствия: почему настоящий народнохозяйственный спрос не порождает адекватного образовательного предложения? Это весьма непростой и многогранный вопрос, который мы попытаемся рассмотреть только с методической точки зрения.

Понятие информационных технологий (ИТ) традиционно связывают с информатикой (I) и Computer Science (CS). Когда-то эти термины были синонимами и использование одного или другого было скорее выражением вкуса. Поэтому англосаксонские страны предпочитали английский термин CS, тогда как романо-германцы (французы и немцы, например) предпочитали появившуюся в 50-х годах «информатику» – Informatik - по-немецки и чисто французское - Information Automatique. Тезаурус ЮНЕСКО считает оба термина (CS и I) синонимами. Следует признать, что в мире

предпочитали английский вариант термина, тем более что его смысловое наполнение постоянно обогащалось. Развитие ИТ потребовало постоянного расширения толкования CS, особенно, когда речь зашла о содержании подготовки специалистов. В.А.Сухомлин [1] обращает внимание на то, что формирование типовых учебных планов (куррикулумов) в начале 60-х годов XX века инициировали авторитетные профессиональные организации: ACM (Association for Computing Machinery) и IEEE-CS (Computer Society of IEEE – Institute of Electric and Electronic Engineers). Эти общественные институты и по сей день не оставляют вниманием соответствие ИТ-образования потребностям ИТ-отрасли.

Подготовка бакалавров

Со временем стала очевидной необходимость содержательно и дидактически разделять научно-исследовательскую часть и чисто техническую и технологическую. Под эгидой ACM и IEEE-CS группа Питера Деннинга в 1989 г. подготовила доклад «Computing as a Discipline». В новой дисциплине «Computing» выделялись две составляющие: «Computer Science» и «Computer Engineering». Это нашло методическое воплощение в дальнейшем в фундаментальном куррикулуме CC2001 [2], получившем свое развитие в версиях CC2005 [3]. Но CC2005 уже содержал принципиально отличие от предыдущих вариантов – в нем явно указывается на необходимость подготовки специалистов для прикладных отраслей. Мировые профессиональные организации AIS (Association of Information Systems) и AITP (Association for Information Technology Professionals) – создают IS2002 [4]. В семье компьютеринга появляется новый полноправный член – информационные системы.

Диверсификация ИТ-образования продолжается, CC2005 «Computing» включает в себя:

*Вычислительная техника (Computer Engineering – CE),
Компьютерные науки (Computer Science – CS),
Программная инженерия (Software Engineering – SE),
Системы информационных технологий (Information Technology – IT),
Информационные системы (Information Systems – IS).*

Сейчас де-факто мировым методическим стандартом подготовки ИТ-специалистов для прикладных отраслей является учебный план Information Systems 2010 (IS2010) [5], созданный всем профессиональным ИТ-миром с использованием Wiki-ресурса. Вот как выглядит список базовых обязательных курсов IS2010:

*IS2010.1 Foundation of Information Systems
IS2010.2 Data and Information Management
IS2010.3 Enterprise Architecture
IS2010.4 Project Management
IS2010.5 Infrastructure
IS2010.6 System Analysis and Design
IS2010.7 Strategy, Management and Acquisition*

В дополнение к базовым определен приблизительный набор курсов по выбору:

Application Development
Business Process Management
Collaborative Computing
Data Mining/Business Intelligence
Enterprise Systems
Human-Computer Interaction
Information Search and Retrieval
IT Audits and Control
IT Security and Risk Management
Knowledge Management
Social Informatics

В России наиболее близким к IS2010 образовательным стандартом является прикладная информатика. Так ее профессиональную часть представляют официальные документы Минобразования [6]:

Прикладная информатика

Профессиональный цикл. Базовая часть.

Модуль 1: Программно-технические средства.

Вычислительные сети.

Сети и телекоммуникации.

Операционные системы.

Программная инженерия.

Модуль 2: Информационные ресурсы и системы.

Информационные системы и технологии.

Проектирование ИС.

Базы данных.

Информационная безопасность.

Проектный практикум.

Дисциплины по выбору определяются вузом.

Сравнение базовых курсов российского и международного курикулов показывает значительное сходство направлений подготовки, но более прикладное и конкретное содержание IS2010 на фоне достаточно общего характера российской программы. Такое положение объяснимо с позиций характеристик типов организаций Минцберга: профессиональные мировые сообщества действуют, исходя из актуальной необходимости внесения изменений - в рамках профессиональной бюрократии, тогда как российские министерские менеджеры образования тяготеют к инерционной формальной бюрократии, привычно действующей согласно нормативной базе.

В любом случае оба подхода к подготовке ИТ-специалистов в прикладных отраслях носят характер технического, инженерного образования. Это вполне оправдано с точки зрения создания необходимой технологической платформы для последующей реализации приложений в

конкретной области.

Первой конкретной отраслевой реализацией специальности «прикладная информатика» стала «бизнес-информатика», для которой Минобразованием определены следующие базовые курсы [7]:

*Архитектура предприятия,
Моделирование бизнес-процессов,
Управление жизненным циклом ИС,
Программирование, базы данных,
Вычислительные системы, сети, телекоммуникации,
Рынки ИКТ и организация продаж,
Управление ИТ-сервисами и контентом,
Электронный бизнес,
Безопасность жизнедеятельности,
Деловые коммуникации.*

К данному списку предлагается обширный набор курсов по выбору:

*Информационная безопасность,
ИС управления предприятием,
ИТ-инфраструктура предприятия,
Многоагентные системы,
Нечеткая логика и нейронные сети,
Объектно-ориентированный анализ и программирование,
Распределенные системы,
Системы поддержки принятия решений,
Стандартизация, сертификация и управление качеством ПО,
Управление разработкой ИС,
Функциональное программирование и интеллектуальные системы,
Эффективность ИТ.*

Это первый куррикулум конкретной отраслевой специализации подготовки ИТ-специалистов и не удивительно, что в нем есть резерв для совершенствования. Во-первых, в собранной – достаточной эклектичной - совокупности курсов не ощущается доминанты прикладной сущности. Большинство обеспечиваемых компетенций носит прежний технологический характер: изучения основ бизнеса или принципов экономики организации (на которой внедряется или функционирует информационная система) – не предполагается. Не ощущается также важности организационных структур и уровня зрелости (прежде всего – квалификационного уровня и уровня культуры персонала). Во-вторых, в рассмотрении отсутствует логическая цепочка тем, связанных с информационными процессами в выбранной отрасли: сбор, хранение, обработка и представление информации не с точки зрения технологий (семиотического синтаксиса), а с точки зрения бизнеса (семантики). Это поиск и получение информации на сети, хранение данных, используемых для принятия экономических решений (например, описание принципов In-Memory и возможностей реализации Real Time Enterprise, принципиально

изменяющих признанные способы хранения данных), моделирование информационных процессов внутри предприятия, в том числе и для создания систем документооборота.

Тем не менее, куррикулум «Бизнес-информатика» – при всей его готовности к улучшению - успешно работает и служит основой подготовки сотен молодых специалистов нового типа, что, безусловно, является положительным фактом. Дидактическая среда ИТ-образования непрерывно развивается и сегодня актуализация куррикулума бизнес-информатики могла бы осуществляться на основе принципов цифрового предприятия (Digital Enterprise), сформулированных Э.Бриньёльфсоном [8] и классических основ бизнес-моделирования, представленных в известных работах М.Портера [9], а также А.Остервальдера и М.Пинье [10].

Подготовка магистров

Упомянувшиеся нами ранее мировые профессиональные сообщества гораздо меньше внимания уделяют магистерскому образованию, справедливо полагая, что подготовка мастеров (masters) - специалистов высшей квалификации в меньшей степени нуждаются в регламентации. Тем не менее, ими сформулированы некоторые принципы построения магистерских куррикулов. В.А.Сухомлин [11] приводит пример их реализации для случая программной инженерии (Software Engineering). Их главной характеристикой является структура учебных курсов, содержащая общие или подготовительные (preparatory), базовые профессиональные (core materials), университетские (university specific) и курсы по выбору (elective). Можно заметить, что современным федеральным образовательным стандартом ФГОС-3 предлагается очень близкая структура учебных планов подготовки российских магистрантов.

Интересно рассмотреть принципы содержательного наполнения этих базовых профессиональных, университетских и выборных курсов.

На наш взгляд, для магистерского профессионального образования важно выдержать описание дидактических элементов в рамках трех составляющих: процессы, информационные системы и технологии, гуманитарная среда.

Процессы определяют «точку входа» ИС и ИТ в предметную среду. Моделирование процессов – это ключ к автоматизации предметной деятельности. При этом процессы определяют архитектуру предметной области, например, архитектуру бизнеса, которой должна соответствовать архитектура используемых информационных систем и технологий. Реинжиниринг и реструктуризация – обязательные компоненты этого модуля магистерской программы.

Знания, умения и навыки в области информационных систем и технологий профессионального уровня с одной стороны - углубляют специализацию магистрантов. Здесь речь идет об информационных бизнес - системах, специализированных системах для управления учебным процессом - для образования, компьютерных томографах для медицины и

т.д.

Гуманитарная составляющая, включающая компетенции сотрудников, характер отношений в коллективе, уровень культуры – является основной в формировании экосистемы для информационных технологий и систем. Потенциал высокого технологического уровня не может быть эффективно использован в корпорации, квалификация специалистов которой морально устарела, а климат в коллективе не способствует постоянному пополнению знаний.

Именно эти принципы положены в основу реальной подготовки магистров по специальности «Прикладная информатика» (230700) в институте ИБС МИСИС и «Системный анализ и управление» (220100.68) на кафедре ИБС факультета РТК МФТИ, осуществляемой по совместным программам с группой компаний IBS.

Однако основной заказчик молодых специалистов – группа компаний IBS - ждет от вузов получения прежде всего инженерно-технических специалистов, хотя и с хорошей подготовкой по основам бизнеса и экономики, обеспечивающих жизненный цикл информационных бизнес-систем.

Подготовка по ИТ в непрофильных вузах

Что можно сказать о содержании вузовской подготовки ИТ-специалистов для «непрофильных» направлений, «чистых» прикладных областей – биологии, медицины, истории, психологии, экономики... Принципиальным в организации ИТ-подготовки в вузах непрофильных направлений является формулировка двух важных положений [12].

Первое, как уже отмечалось - это правильное определение «точки входа» ИТ и ИС в конкретную предметную сферу. Такой точкой может служить модель процесса, представляющего главную сущность предметной области. Для экономики и бизнеса эту роль играет бизнес-процесс, для образования – учебный процесс, для здравоохранения – лечебный процесс и т.д. Отличительной чертой главной сущности конкретного приложения является ее процессная природа, массовое распространение в предметной области, повторяемость во времени и пространстве.

Четкая спецификация главной сущности – задача специалистов предметной области. Задача же подготовки этих специалистов в области ИТ и ИС состоит в предоставлении им знаний, умений и навыков описания ИТ-сервисов, применяющихся для автоматизации главной сущности. Выполнение этой задачи предполагает, что существуют три уровня подготовки: базовый, профессиональный и исследовательский.

Овладение базовым уровнем означает, что слушатель:

- Знает основные информационные процессы и ресурсы в обществе и конкретной предметной области;
- Имеет компетенции (умеет) в области использования ИТ-сервисов для получения доступа к информационным ресурсам;

- Имеет навыки использования распространенных инструментов для поддержки типовых информационных процессов.
Получение профессионального уровня означает, что слушатель:
- Знает информационные процессы конкретной предметной области, составляющие предмет его специализации, а также ИТ-сервисы, применяющиеся для автоматизации этих процессов;
- Обладает компетенцией в области применения ИТ-сервисов для решения задач своей предметной области;
- Обладает навыками использования информационных систем и технологий для решения задач своей предметной области.

Достижение исследовательского уровня означает, что слушатель:

- обладает фундаментальными знаниями об информационных процессах конкретной предметной области и владеет сведениями о лучших достижениях в средствах и методах их поддержки;
- обладает компетенцией в области оценки необходимости внесения изменений в существующие информационные процессы и ИТ-сервисы для достижения конкретных профессиональных целей;
- имеет навыки постановки и решения задач по изменению или созданию новых информационных процессов и ИТ-сервисов.

Второе – это четкое определение целей подготовки будущих специалистов в области ИТ и ИС [13]. На наш взгляд, хорошие знания, умения и навыки в области ИТ и ИС позволяют выпускнику получить конкурентное преимущество на профессиональном рынке.

Для классических университетов и современных НИУ представляется естественным сформулировать роль ИТ и ИС, как инструментов повышения эффективности основных бизнес-процессов: научной и образовательной деятельности. Главная цель применения этих инструментов – повышение уровня операционной деятельности и конкурентоспособности организации. Обеспечение высшего профессионального уровня университетов в обсуждаемых прикладных отраслях возможно только путем построения логической цепи подготовки собственных ИТ-специалистов. Элементы или этапы этой цепи известны: бакалавриат – магистратура – аспирантура. Условно можно считать, что каждому этапу соответствует свой уровень ИТ-подготовки. Базовый – для бакалавра, профессиональный – для магистра, исследовательский – для аспиранта. Успех подготовки будет более заметным и для молодых специалистов, и для вуза, и для всей отрасли, если результатом каждого этапа будет специалист именно в конкретной предметной, а не технической области. Для этой цели необходимо создать соответствующую институциональную среду, элементом которой будет национальная система образования с образовательными стандартами и специальностями, соответствующими конкретным реальным прикладным информатикам: экономической, биологической, психологической, исторической и т.д.

В настоящее время отсутствие таких специальностей значительно снижает возможности оформления научных результатов, подготовивших работы по информационным системам и ресурсам в конкретной предметной области. В экономике, например, защита кандидатских диссертаций с элементами информатики происходит на советах по специальности 08.00.13 - «Математические и инструментальные методы экономики», при этом пересечение множества математических с инструментальными проблемами чаще всего оказывается пустым. Это обстоятельство мало способствует пониманию сути выносимых на защиту положений экономической информатики большей частью традиционных экономистов-математиков, давно сформировавших квалифицированное большинство советов по присуждению ученых степеней по специальности 08.00.13.

Можно привести множество примеров, демонстрирующих наличие плохо преодолимого барьера между ИТ-специалистами и разработчиками приложения конкретной предметной области – проекты электронного правительства и государства дают, к сожалению, много показательных примеров. В этих условиях наличие специальности «экономическая информатика», определяющая траекторию подготовки экономистов, владеющих серьезными навыками эксплуатации информационных ресурсов и технологий, позволило бы консолидировать научный потенциал специалистов, работающих в этой области знаний и существенно способствовать развитию этого жизненно важного для науки и народного хозяйства направления.

Подобные предложения были бы справедливы и для других специальностей: историческая информатика, биологическая, медицинская, ... Представляется, что в списке вузовских специальностей они должны быть представлены все. Но по проекту нового приказа Минобрнауки в этом списке значатся лишь бизнес-, био- и прикладная информатики [14].

Фактически, подготовка таких специалистов идет, она осуществляется зачастую интуитивно, существенно зависит от субъективных факторов. Однако десятилетия широкого использования информационных технологий и систем уже создали достаточный профессиональный задел отраслевых компетенций, есть представления о профессиональных стандартах – все это должно привести к официальному созданию соответствующих специализаций и специальностей высшего образования.

Выводы

- Проблема подготовки ИТ-специалистов для конкретных прикладных отраслей ждет своего эффективного решения.
- Существующая система решает, в основном, проблему подготовки технических специалистов.

- Обеспечение инновационного развития конкретных прикладных отраслей высшего образования требует создания системы подготовки ИТ-специалистов внутри данных прикладных отраслей. Для этого необходимо создание специальностей не только по прикладной (технической), но и по предметной информатике.

Литература

1. Сухомлин В.А. Международные образовательные стандарты в области информационных технологий. Прикладная информатика, №1 (37), 2012.
2. Computing Curricula 2001 (CC2001). Computer Science, Final Report, (December 15, 2001). The Joint Task Force on Computing Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery.
3. Computing Curricula 2005 (CC2005). The Overview Report, covering undergraduate degree programs in Computer Engineering, Computer Science, Information Systems, Information Technology, Software Engineering. The Association for Computing Machinery (ACM), The Association for Information Systems (AIS), The Computer Society (IEEE-CS), 30 September 2005.
4. J.T. Gorgone, G.B. Davis, J.S. Valacich, H.Topi, D.L. Feinstein, H.E. Longenecker, Jr. IS 2002, Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS), Association of Information Technology Professionals AITP.
5. H.Topi, J.S.Valacich, R.T.Wright, K.M.Kaiser, J.F.Nunamaker, Jr., J.C.Sipior, G.J. de Vreede. IS 2010, Model Curriculum and Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems. Association for Computing Machinery (ACM), Association for Information Systems (AIS).
6. ОБ УТВЕРЖДЕНИИ И ВВЕДЕНИИ В ДЕЙСТВИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 230700 ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА (КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) "БАКАЛАВР"). ПРИКАЗ МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 22 декабря 2009 г. N 783
7. ОБ УТВЕРЖДЕНИИ И ВВЕДЕНИИ В ДЕЙСТВИЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 080500 БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА (КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) "БАКАЛАВР"). ПРИКАЗ МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 14 января 2010 г. N 27
8. E.Brinyolfsson. VII Pillars of Productivity. Optimize, May 2005, Issue 22.
9. Michael Porter. Competitive Advantage: Creating and Sustaining superior Performance" (1985).
10. Построение бизнес-моделей. А.Остервальдер, И.Пинье, 2011
11. Сухомлин В.А. Новые методологические решения и международные стандарты в области магистерского ИТ-образования. Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник избранных трудов VII международной научно-практической конференции. М., ИНТУИТ.RU. 2012.
12. Лугачев М.И., Абрамов В.Г., Скрипкин К.Г., Тихомиров В.В. Методика разработки программ дисциплины «Информатика» для направлений непрофильного образования. Макс Пресс, М., 2006.
13. Лугачев М.И., Скрипкин К.Г., ИТ-компетентности как часть экономического образования. Вестник МГУ. Серия 6, «Экономика», №4, 2009.
14. Проект Приказа Минобрнауки России "Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования"
<http://www.consultant.ru/law/hotdocs/26905.html>

Агиевич В.А.¹, Гимранов Р.Д.², Скрипкин К.Г.³

¹ ОАО «Сургутнефтегаз», НИУ «Высшая школа экономики» vadim.agievich@gmail.com

² ОАО «Сургутнефтегаз»

³ МГУ им. М.В.Ломоносова

Матрица изменений Бринйолфссона как инструмент планирования архитектуры предприятия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Матрица измерений, построение архитектуры, предприятие, планирование.

АННОТАЦИЯ:

Несмотря на большое разнообразие методов и подходов к построению архитектуры предприятия, при их практическом применении проявляется ряд недостатков. Одним из наиболее существенных пробелов в этой области знаний является недостаточная проработка и слабая формализованность методов планирования перехода от текущего состояния архитектуры предприятия к целевому. При этом зачастую планирование перехода является творческим процессом, успех которого сильно зависит от опыта, интуиции, знания корпоративной культуры, истории предприятия. Кроме того, в крупных организациях процесс усложняется большим числом элементов архитектурных моделей, что делает затруднительным применение описанных в литературе методов.

В настоящей статье описывается подход к планированию перехода к целевой архитектуре предприятия на основе матрицы изменений, предложенной Э.Бринйолфссоном, позволяющей учесть и эффективно использовать взаимосвязи между существующими и внедряемыми практиками на предприятии.

Введение

Появившись как подход к описанию архитектуры информационных систем, архитектура предприятия (АП) развилась до дисциплины, оперирующей моделями уровня организации, группы компаний и государства. Как отмечает Е.Зиндер в своей статье [1], сегодня все больше руководителей и аналитиков начинают испытывать потребность в комплексном описании и планировании развития своей организации. Это им нужно как минимум для того, чтобы знать, что их организация представляет собой в реальности, поддерживать рациональный порядок ее устройства, а затем – приступить к ее планомерному развитию или трансформации с учетом всех важных обстоятельств.

Большинство пособий по построению архитектуры предприятия ограничиваются перечислением факторов, которые необходимо учитывать при планировании изменений, но не описывают то, как это сделать на практике. Соответствующая проблема поднимается, например, в [2]. Отдельные методологии архитектуры предприятия в достаточно формальном виде описывают данные, необходимые для планирования перехода, однако не содержат инструментов, позволяющих выстроить план с учетом взаимосвязей существующих и внедряемых практик.

Методы планирования перехода к целевой архитектуре предприятия

Суть архитектуры предприятия заключается в том, чтобы разработать план использования ИТ-ресурсов бизнес-процессами, а также совокупность принципов управления, позволяющих выразить стратегию бизнеса через ИТ [3].

Значение архитектуры предприятия в современных условиях постоянно увеличивается за счет обеспечения возможностей эффективного использования существующих технологий и эволюционного перехода к новейшим технологиям. Фактически архитектура предприятия является одним из главных средств управления изменениями, обеспечивая при этом:

- оказание помощи менеджерам при анализе потенциальных изменений и их реализации;
- предоставление основы для совместной работы бизнес-менеджеров и ИТ-менеджеров над целями, бизнес-процессами и выстраиванием ИТ-организации в целом;
- предоставление единого хранилища всей информации об организации;
- обеспечение менеджерам поддержки в принятии решений: они могут обзирать отношения, задавать вопросы, идентифицировать проблемы, выполнять моделирование и т.д. [3].

В [4, с. 304] отмечается: «для описания архитектур существует множество различных методик и вариантов, отличающихся группировкой рассматриваемых понятий. Для упорядочения выполняемых работ предложены специальные методы - например, процесс разработки архитектур, описанный выше TOGAF ADM. Казалось бы, что разработка архитектуры в этих условиях будет являться достаточно простым, повторяемым и рутинным процессом. На самом деле, в этих рассуждениях опущено одно очень важное звено: организации и их системы уникальны, и процесс проектирования архитектуры по необходимости должен являться творческим». Этот вывод касается как формирования целевой архитектуры предприятия, так и планирования соответствующих, зачастую весьма масштабных, изменений.

В книге “How to Manage the Enterprise Architecture Practice” [5] автор описывает общий для многих источников подход к планированию таких изменений: «Преобразование предприятия в соответствии с целями и

условиями, описанными его целевой архитектурой, невозможно реализовать в один шаг. Изменение предприятия от его базовой архитектуры к целевой требует проведения множества параллельных независимых мероприятий, и это изменение выстраивается пошагово. Лучшим способом понимать и контролировать этот сложный эволюционный процесс является разработка и поддержка «дорожной карты» миграции или плана преобразований. Этот план преобразований должен обеспечить пошаговый процесс перехода от базовой к целевой архитектуре предприятия». Однако методы планирования этих масштабных изменений остаются по большей части «за кадром» существующих методологий.

Ниже приведен обзор наиболее широко используемых методологий и рамочных моделей с точки зрения описываемых в них архитектурных процессов.

Zachman Framework [6], [7], [8] – известная рамочная модель АП, предложенная Дж.Захманом в 1987 году. Однако подход Захмана не содержит описания процесса построения и внедрения архитектуры.

Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF) [9] – архитектурная методология, используемая правительством США для улучшения взаимодействия между министерствами. В составе архитектурного процесса FEAF присутствует описание процесса внедрения целевой архитектуры, охватывающее, в том числе, и управление проектами. Однако описание процесса не содержит детальной методики планирования изменений.

Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology (GERAM) [10], [11] – обобщенная методология архитектуры предприятия, созданная для целей интеграции предприятий и инжиниринга бизнес-процессов. В описании методологии GERAM внедрение (Implementation) обозначено только в качестве фазы архитектурного процесса. Методика внедрения отсутствует.

Архитектурная методология **Gartner** – одна из закрытых методологий, детальное описание которой не представлено в открытых источниках. Согласно [4] и [12], архитектурная методология Gartner представляет собой в основном набор лучших практик и шаблонов. Что касается разработки архитектуры, то в данном подходе сформулированы важные и полезные рекомендации в виде последовательности шагов и задач участников, которые, однако, не детализированы до уровня моделей процесса разработки архитектуры [4].

Методика **EAP (Enterprise Architecture Planning – Планирование архитектуры предприятия)** является одной из наиболее известных методик формирования архитектуры предприятия [13]. Она разработана Стивеном Спиваком в 1992 году для планирования разработки архитектуры, основанной на модели Захмана. Процесс EAP, несмотря на свое название, в первую очередь ориентировался на планирование создания

информационных систем.

The Open Group Architecture Framework (TOGAF) [14] позиционируется ее авторами не как некоторая эталонная модель, а как «средство для разработки архитектур информационных систем». Основное назначение - ускорить и облегчить процесс разработки архитектуры конкретной организации, обеспечивая при этом возможность будущего развития. В состав модели TOGAF входят две основные компоненты - методика ADM (Architecture Development Method), определяющая процесс разработки архитектуры, и Базовая Архитектура (Foundation Architecture) [4].

Методика TOGAF ADM состоит из достаточно подробно описанных девяти фаз (одной предварительной (Preliminary) и восьми основных – от А до Н), рис. 1. При этом фазы планирования миграции (Е и F) содержат описание подходов к планированию архитектурных изменений, а также входных и выходных данных.

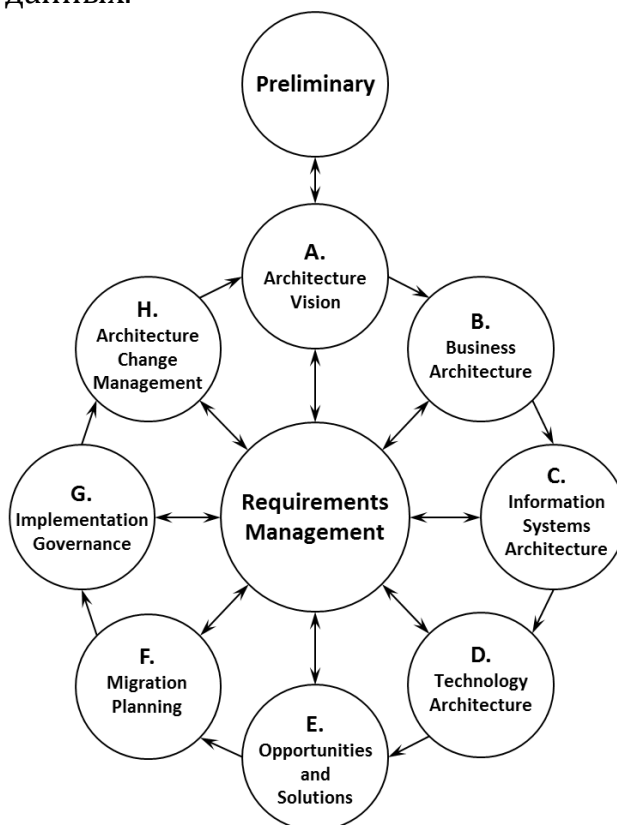


Рисунок 5. TOGAF Architecture Development Method

Специальная и бизнес-литература в области архитектуры предприятия [5], [4], [3], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], как правило, содержит обзорные описания наиболее развитых методологий, подходы к моделированию, обсуждает различные аспекты применения архитектуры, трудности взаимодействия с заинтересованными лицами. Однако в такой литературе все так же мало внимания уделяется планированию перехода к

целевой архитектуре и не предлагается новых (по сравнению с методологиями АП) подходов.

Таким образом, анализ существующих методологий архитектуры предприятия и соответствующей специальной литературы показывает, что описание процессов внедрения целевой архитектуры (миграции) представлено, как правило, общими рекомендациями и перечислением факторов, которые необходимо учитывать при планировании миграции. При этом в качестве одного из наиболее значимых факторов планирования архитектурных изменений указывается необходимость принятия во внимание разного рода зависимостей, однако не приводится достаточно строгих методов, позволяющих эффективно реализовать это указание на практике.

Наиболее проработанный и формализованный процесс планирования перехода к целевой архитектуре описан в методологии TOGAF.

Подход к планированию изменений на основе теории комплементарных активов

Необходимость учитывать взаимосвязи при планировании изменений на предприятии подтверждена многими исследованиями. В частности, еще в 1999 году они явились центральным предметом исследования теории комплементарных активов П.Милгрона и Дж.Робертса [22].

Согласно [22] комплементарность приводит к образованию предсказуемых связей между отдельными видами деятельности. Отношения комплементарности между изменениями технологии, спроса, а также структуры и масштабов предприятия на протяжении всего XX века продолжали создавать положительную связь между ними. При этом Милгром и Робертс дают следующее определение комплементарности: «Несколько видов деятельности считаются комплементарными, если увеличение объема любого из них увеличивает (или по крайней мере не уменьшает) предельную прибыльность каждого из всех остальных видов деятельности».

В исследованиях Бринйолфсона и более поздних источниках вместо понятия «актив» используется понятие «практика» или «организационная практика», определяемая как определенный способ решения задачи, стоящей перед организацией [23].

Прямое следствие из теории комплементарности применительно к информационным технологиям состоит в том, что эффективность инвестиций в ИТ обусловлена не только самими инвестициями в ИТ, но и изменениями в комплементарных к ним активах, которые происходят (или не происходят) вместе с ИТ-проектом [24]. Эту гипотезу впоследствии подтвердили в своих исследованиях Эрик Бринйолфсон [25] и другие авторы.

Следовательно, для обеспечения эффективного развития информационных технологий на предприятии недостаточно сформировать

хорошую целевую архитектуру предприятия, учитывающую все существующие проблемы, требования и перспективные возможности. Ключевым условием успешного применения архитектуры предприятия является обеспечение последовательных изменений (выполнение серии проектов), при котором учитывались бы комплементарные взаимосвязи между активами и отдельными изменениями.

Как отмечают авторы [24], на сегодняшний день существует лишь одна модель, решающая задачу описания взаимосвязей между практиками – матрица изменений. Она была предложена Э.Бриниолфссоном и соавторами в работе «Матрица изменений» [26], [27] (рис. 2).

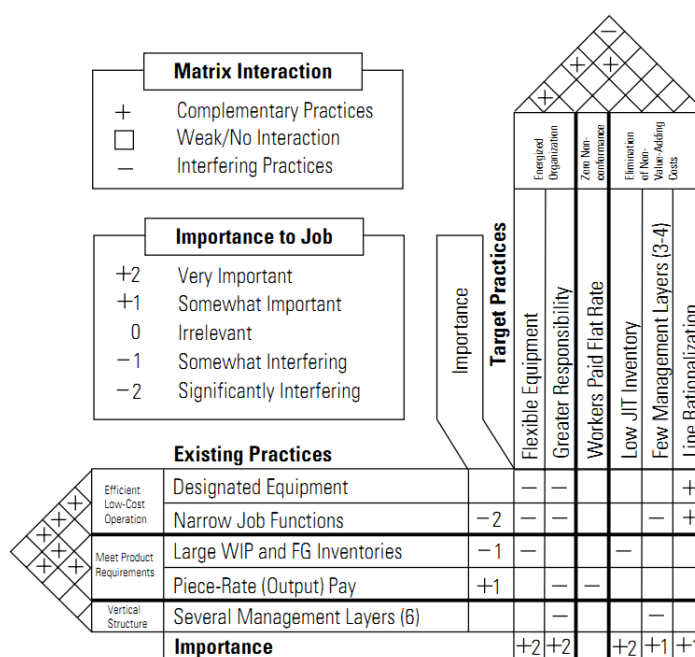


Рисунок 6. Матрица изменений [26]

Матрица изменений состоит из двух таблиц, наложенных друг на друга. Каждая состоит из прямоугольной части – списка организационных практик и треугольной, содержащей данные о взаимосвязях между практиками. Знак «+» в ячейках треугольника означает комплементарность двух практик, знак «-» – что эти практики выступают по отношению друг к другу как субституты. Горизонтальная таблица описывает существующие практики (на рис. 2 – “as is”), вертикальная – практики, внедряемые в ходе проекта (на рис. 2 – “to be”). Данные о комплементарности организационных практик заполняются на основе экспертных оценок сотрудников организации. Нижняя строка описывает важность внедряемых практик по шкале Ликерта (от -2 – очень мешает до +2 – очень важна). Оценки в этой нижней строке также получаются на основе опроса экспертов. Наконец, прямоугольник на пересечении двух таблиц описывает сочетаемость существующих и внедряемых практик и, соответственно, трудности перехода от «как есть» к «как будет» [23].

Матрица изменений - полезный инструмент для ответа на следующие типы вопросов [28]:

- Выполнимость изменений. Насколько устойчива и последовательна существующая организация бизнес-процессов компании? Насколько устойчивой будет планируемая организация? Насколько трудным может быть переход от одной системы к другой?
- Последовательность выполнения изменений. С чего должны начаться изменения? Какая последовательность изменений будет успешной? Имеются ли точки, в которых возможно остановить изменения?
- Позиционирование. Получит ли компания прибыль от произведенных радикальных изменений или выгоднее будет реорганизовать существующие виды деятельности?
- Темп и характер изменений. Каким должен быть темп изменений? Должны изменения происходить постепенно или радикально? Какие группы практик должны претерпевать изменения одновременно?
- Оценка изменений организаторами процесса. Учтены ли точки зрения всех организаторов процесса изменений? Не пропустили ли эксперты важных взаимодействий? Каковы наиболее существенные источники ресурсов?

Несмотря на всю простоту и эффективность подхода, заложенного в описанном инструменте, его применение для планирования изменений, связанных с переходом к целевой архитектуре предприятия осложняется большим объемом данных. Как показывает практика применения матрицы изменений, максимальная размерность матрицы, позволяющая работать с ней непосредственно, составляет 10x10.

В [24] высказывается идея о том, что информацию о комплементарных практиках и их взаимосвязях было бы весьма полезно объединить с описанием архитектуры организации, однако делают вывод о невозможности такого описания ввиду ограниченности размеров матрицы. Как один из выходов, предлагается разработка подхода к структурированному иерархическому описанию.

Авторами настоящей статьи предлагается применить матрицу изменений не к описанию архитектуры в целом, а только к формальным результатам стадии планирования внедрения целевой архитектуры.

Формирование матрицы изменений на основе данных TOGAF

Как отмечалось выше, наиболее развернутое описание процесса планирования перехода к целевой архитектуре предприятия приведено в методологии TOGAF. Далее анализируется применимость для построения матрицы изменений выходных данных, получаемых в результате гар-анализа и предварительного планирования изменений на фазе "Е" TOGAF ADM.

Построение матрицы изменений согласно [26], [27] предполагает выполнение четырех шагов:

Шаг 1. Идентификация критических практик.

Шаг 2. Идентификация взаимодействий в системе.

Шаг 3. Идентификация переходных взаимодействий.

Шаг 4. Опрос заинтересованных сторон.

Основные формализованные данные, используемые для формирования архитектурной дорожной карты и плана внедрения и миграции на фазе E TOGAF ADM, представлены «Матрицей оценки факторов внедрения» и «Консолидированной матрицей различий, решений и зависимостей».

«Матрица оценки факторов внедрения» содержит описание факторов, которые могут повлиять на внедрение целевой архитектуры. Факторы, как правило, включают: риски, проблемы, предположения и зависимости, а также необходимые мероприятия. Выводы, отражаемые в этой матрице, описывают, каким образом архитектура предприятия может быть наилучшим образом внедрена в контексте его организационной культуры.

«Консолидированная матрица различий, решений и зависимостей» содержит информацию о различиях между моделями целевой и базовой архитектурой предприятия, создаваемыми на фазах B-D TOGAF ADM. Эти различия выделяются при помощи гар-анализа и представляют собой новые или исключаемые «архитектурные строительные блоки» (ABB – Architecture Building Blocks).

Согласно [14], архитектурный строительный блок – это компонент архитектурной модели, который описывает отдельный аспект архитектуры предприятия. Он отражает набор функциональности, необходимой для удовлетворения нужд бизнеса в масштабе организации в целом.

Таким образом, различия, отраженные в «Консолидированной матрице различий, решений и зависимостей», соответствуют понятию организационной практики, приведенному выше, и могут быть использованы в качестве базовых и целевых практик матрицы изменений.

Исходная информация для выявления взаимодействий между практиками и построения горизонтальной и вертикальной матриц (шаги 2 и 3) содержится в «Консолидированной матрице различий, решений и зависимостей» (колонка «Зависимости»), а также в «Матрице оценки факторов внедрения» (колонка «Выводы (влияние на план миграции)»).

TOGAF ADM не содержит рекомендаций по оценке отдельных архитектурных строительных блоков, соответствующих организационным практикам. Поэтому оценка практик при построении матрицы изменений на основе данных TOGAF может быть проведена аналогично методике, предложенной Э.Бриньолфсоном.

Выводы

Авторами предложен подход к планированию архитектурных изменений с учетом комплементарности элементов архитектуры предприятия – архитектурных блоков, представляемых в матрице

изменений. Использование этого подхода позволит учитывать взаимозависимости между практиками и более эффективно планировать процесс перехода от базовой архитектуры предприятия к целевой.

Тем не менее, нерешенной остается проблема размерности матрицы изменений, которая в случае ее применения для планирования архитектуры предприятия неизбежно превысит размеры, позволяющие использовать матрицу для выработки решений на основе подхода, описанного Э.Бриниолфссоном. Поэтому следующий шаг исследования будет состоять в построении формальной модели матрицы изменений и применения методов дискретной оптимизации, которые позволят работать с системами практик больших размерностей.

Литература

1. Зиндер Е. Архитектура предприятия в контексте бизнес-реинжиниринга (I часть) // Intelligent Enterprise. — 2008. — 4(180).
2. Гимранов Р. Д. Информационная система предприятия: от задач интеграции до корпоративной архитектуры // Управление архитектурой предприятия. Опыт применения для развития ИТ. Сборник статей / Под ред. Чалей И.В. Гимранов Р.Д.. — Москва : ЗАО "Открытые системы", 2013. — ISBN 978-5-93416-24-2.
3. Васильев Р. Б., Калянов Г. Н., Лёвочкина Г. А. Управление развитием информационных систем. — Москва : Горячая линия - Телеком, 2009.
4. Данилин А., Слюсаренко А. Архитектура и стратегия. "Инь" и "Янь" информационных технологий предприятия. — Москва : Интернет-Ун-т Информ. Технологий, 2005.
5. Schekkerman J. How to Manage the Enterprise Architecture Practice. — Trafford Publishing, 2009.
6. Zachman J. A Framework for Information Systems Architecture // IBM Systems Journal. — 1987. — Т. 26, 3.
7. Sowa F., Zachman J. Extending and formalizing the framework for information systems architecture // IBM systems journal. — 1992. — Т. 3, 3. — С. 590-616.
8. Zachman J. John Zachman's Concise Definition of The Zachman Framework™ // Zachman International. — 2008. — <http://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>.
9. Chief Information Officer Council A Practical Guide to Federal Enterprise Architecture Framework // U.S. Government Accountability Office. — 2001. — <http://www.gao.gov/assets/590/588407.pdf>.
10. Bernus P., Nemes L. A Framework to Define a Generic Enterprise Reference Architecture and Methodology // Computer Integrated Manufacturing Systems. — 1996. — Т. 9, 3. — С. 179-191.
11. IFAC/IFIP Task Force on Architectures for Enterprise Integration GERAM: Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology Version 1.6.3 // School of Information and Communication Technology - Griffith University. — 1999. — <http://www.ict.griffith.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/geram1-6-3/GERAMv1.6.3.pdf>.
12. Sessions R. A Comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies // Microsoft Developer Network. — 2008. — <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb466232.aspx>.
13. Spewak S., Hill S. Enterprise architecture planning: developing a blueprint for data, applications, and technology. — John Wiley & Sons, 1992.
14. The Open Group TOGAF 9.1 // The Open Group Publications Server. — 2011. — <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf9-doc/arch/index.html>.
15. Гриценко Ю. Б. Архитектура предприятия: учебное пособие. — Томск : Эль Контент, 2011.
16. Ross J., Weill P., Robertson D. Enterprise Architecture As Strategy: Creating a Foundation for Business Execution. — A Harvard Business Review, 2006.
17. Proper E. Enterprise Architecture: Creating Value by Informed Governance. — Heidelberg : Springer, 2009.
18. Graves T. Enterprise Architecture: A Pocket Guide. — IT Governance Publishing, 2009.

19. Lankhorst M. Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis. — Heidelberg : Springer, 2013.
20. McGovern J. A Practical Guide to Enterprise Architecture. — Prentice Hall Professional, 2004.
21. Chorafas D. Enterprise Architecture and New Generation Information Systems. — CRC Press, 2001.
22. Милгром П., Робертс Дж. Экономика, организация и менеджмент. — Санкт-Петербург : Экономическая школа, 1999.
23. Скрипкин К. Организационный капитал российских предприятий: проблема разнообразия // Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие: Шестая международная научная конференция. Сборник статей. — Москва, 2013. — Т. 1. — С. 286-294.
24. Лугачев М., Скрипкин К., Ананьин В., Зимин К. Эффективность инвестиций в ИТ. Альманах лучших работ. — Москва : СоДИТ, 2013.
25. Bresnahan T., Brynjolfsson E., Hitt L. Information Technology, Workplace Organization and Demand for Skilled Labor: an Empirical Evidence // Quarterly Journal of Economics. — 2002. — Т. 117, 1. — С. 339-376.
26. Brynjolfsson E., Renshaw A., Alstyne M. The Matrix of Change // Sloan Management Review. — 1997. — Т. 38, 2.
27. Хромов-Борисов С. Управление сложностью. Операционная система бизнеса. — Москва : ИД Гребенникова, 2012. — 143-183 с.
28. Щегельская О. "Матрица изменений" - инструмент управления трансформацией компании // Управление компанией. — 1999. — 5.

Балашова Р.С.

соискатель кафедры Экономической информатики Экономического факультета,
Московский государственный университет, г. Москва
balashova_ruslana@pochta.ru

Кадровые изменения в кредитной организации при внедрении системы управления ресурсами предприятия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Кредитная организация, кадровая политика, системы управления.
предприятие, внедрение.*

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена кадровым проблемам по обеспечению эффективного использования ИТ в одной из крупнейшей российской универсальной кредитной организации. Рассматриваются проблемы комплементарных взаимосвязей между информационными системами и кадровыми изменениями сотрудников, а также причины и следствия данных проблем. Предложена система компетенций сотрудников, повышающих эффективность ИТ кредитной организации.

Введение

За долгие годы развития кредитной организации ИТ-архитектура приняла значительные размеры: зачастую каждое направление бизнеса имеет свою разработку; устаревшая АБС, которая не отвечает современным тенденциям; достаточно много накопилось самостоятельно написанных программ, встречаются самостоятельно разработанные и написанные ERP-системы.

Новый уровень требований к бизнесу как со стороны регуляторов, так и со стороны владельцев организации, требований рынка влечет за собой пересмотр ведения бизнеса. Если у средней или крупной кредитной организации существует четкая стратегия по увеличению своей доли на рынке и достаточно средств для внедрения новых технологий, то можно выбрать современный ИТ-продукт, который будет удовлетворять современным требованиям и в дальнейшем развиваться и поддерживаться.

Переход банка на качественно иной уровень развития неизбежно требует внедрения в банковскую практику новых технологий, новых подходов и методов работы. Эти процессы сопровождаются пересмотром организационной структуры, изменением спектра предлагаемых банковских продуктов и услуг, реинжинирингом или постепенным изменением бизнес-процессов, внедрением новых информационных

технологий. Когда мы говорим о внедрении ERP-системы, стоит отметить, что у банка повышается конкурентная способность на рынке и увеличивается стоимость кредитной организации.

В данной работе исследуется влияние внедрения CRM системы на кадровое изменение в кредитной организации.

Существующие подходы анализа эффективности информационных технологий

Под IT-сервисом будем понимать решение определенной задачи бизнеса средствами ИТ [2].

Под организационной практикой будем понимать определенный способ решения задачи, стоящей перед организацией [2].

Определение организационной практики зависит от решаемой задачи. Например, если мы сопоставляем модели планирования производства, модель Just-in-time в целом можно рассматривать как одну организационную практику. В то же время, если речь идет о внедрении данной модели на предприятии, необходимо рассматривать данную модель как целую систему организационных практик, относящихся к планированию производства, управлению запасами, полномочиям работников и их стимулированию и др [2].

При совместном использовании одни организационные практики естественным образом влияют на результативность других. Если совместное использование двух и более организационных практик обеспечивает большую отдачу и/или меньшие затраты, нежели использование каждой из них по отдельности, такие практики будут именоваться комплементарными друг другу. При меньшей отдаче и/или более высоких затратах, такие практики будут именоваться субститутами [2].

Теория влияния ИТ на была заложена в работе [3]. Была создана теория производительности фирмы при наличии комплементарных взаимосвязей между используемыми ИТ-сервисами, организационными практиками и компетентностями человеческого капитала.

Первым инструментом анализа комплементарных взаимосвязей является матрица изменений, предложенная в работе [4].

Суть матрицы изменений заключается в том, что она описывает исходную и целевую модель организационных практик с учетом комплементарных взаимосвязей (Рис.1).

Матрица состоит из двух таблиц списка организационных практик и треугольной, содержащей данные о взаимосвязях между практиками. Знак «+» в ячейках треугольника означает комплементарность двух практик, знак «-» – что эти практики выступают по отношению друг к другу как субституты. Горизонтальная таблица описывает существующие практики (на Рис.1 – “as is”), вертикальная – практики, внедряемые в ходе проекта (на Рис.1 – “to be”). Данные о комплементарности организационных практик заполняются на основе экспертных оценок сотрудников организации.

Нижняя строка описывает важность внедряемых практик. Оценки в этой нижней строке также получаются на основе опроса экспертов.

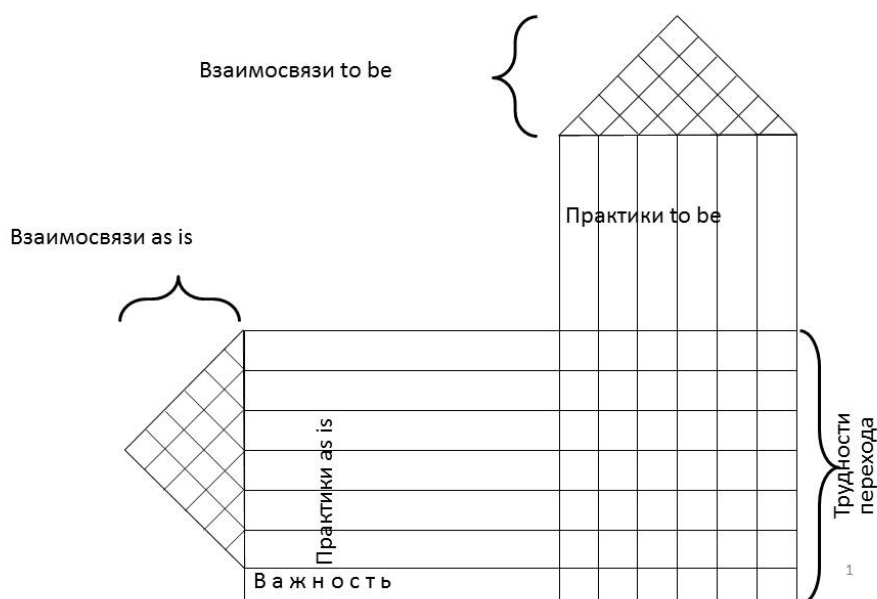


Рис. 10. Общая схема матрицы изменений

Более подробно о построении матрицы изменений можно ознакомиться в работе [4].

Далее будет построена матрица изменений на примере проектов по внедрению CRM системы в кредитной организации.

Организационные практики в российской универсальной кредитной организации

CRM-система (англ. Customer Relationship Management) – Система управления взаимоотношениями с клиентом – прикладное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации взаимодействия с заказчиками (клиентами), в частности, для повышения уровня продаж, оптимизации [маркетинга](#) и улучшения обслуживания клиентов путём сохранения информации о клиентах и истории взаимоотношений с ними, установления и улучшения бизнес-процедур и последующего анализа результатов [1].

Данный анализ основан на результатах проектов по внедрению CRM систем в одной кредитной организации. Автор не утверждает, что все рассмотренные в данной статье практики в неизменном виде присутствуют во всех проектах внедрения систем класса ERP. Тем не менее, перед началом проекта, да и в процессе проекта поднимаются кадровые вопросы, что позволяет считать их достаточно распространенными, а выводы – можно считать общими.

Предметом анализа являются компетенции сотрудников по двум

проектам. Хотелось бы отметить, что управление проектом по внедрению CRM системы будет рассмотрено только в той мере, в какой оно влияет на кадровые процессы. Автор умышленно не упомянул вендоров внедряемых систем, т.к. системы конкурентоспособны на рынке и результаты проектов никак не зависели от вендора системы.

Автор не будет описывать необходимость внедрения CRM-системы в кредитной организации, т.к. достаточно много материала написано на эту тему. С особенностями CRM-системы и необходимостью внедрения можно ознакомиться в материалах [5], [6].

Проектная деятельность

Case1: Внедрение системы CRM вендора 1 для корпоративного бизнеса. Хотелось бы отметить, что кредитная организация в части доработок IT, функциональных подчинений развивалась на тот момент в каждом направлении отдельно: корпоративный бизнес, малый и средний бизнес, розничный бизнес. От проекта отказались, т.к. со стороны заказчиков не было договоренностей по постановке задачи.

Case2: Внедрение системы CRM вендора 2 для корпоративного, розничного бизнеса, автоматизации управленческих решений. Отметим, что на момент внедрения данной системы начались процессы по изменению организационной структуры Банка. Вендор 2 был выбран из-за того, чтобы система лучше вписывалась уже в сложившуюся архитектуру.

Существующая практика

Для ведения проекта в кредитной организации характерны следующие организационные и кадровые практики:

17. Заинтересованность высшего руководства в проекте – это важная составляющая успешности проекта. В case1 заинтересованности не наблюдалось, т.к. проект решал не общую проблему, а одно направление. Case2 является общебанковским проектом. С четким обозначением этапов проекта, учитывая общую стратегию Банка.

18. Определение ответственных лиц за проект со стороны бизнеса и IT. В обоих проектах были определены ответственные сотрудники. В нашем примере: case 1 был выполнен частично: руководитель проекта был выделен только со стороны бизнеса.

Зачастую руководителем проекта может быть назначен человек, который зарекомендовал себя хорошим специалистом. В качестве плюса можно определить авторитет среди сотрудников. В качестве минуса не всегда хороший сотрудник умеет управлять группой и распределять обязанности.

Также идет выбор по поводу руководителей проектов:

- человек, который хорошо знает текущие бизнес-процессы и существующую архитектуру решений
- человек, который хорошо знает внедряемую систему

19. Привлечение новых людей, знающих внедряемую систему – здесь

больше речь идет об IT специалистах. Российский рынок органичен опытными специалистами, которые знают систему. А если установить требование по знанию специфику банковской деятельности, практически невозможно найти, поэтому являются очень дорогостоящими. Как правило, такие сотрудники переходят из компании в компанию при наличии большого проекта и перекупить невозможно. Поэтому на большие проекты привлекаются интеграторы. Как правильно, интегратор имеет одного, максимум двух опытных сотрудников на проекте, остальные могут не иметь достаточно компетенции. Но, преимущество выбора является юридическая ответственность за результат работы.

В обоих проектах были приглашены интеграторы.

20. Обучение текущих сотрудников - важно помнить, что никто не будет использовать систему, если персонал не знает какую выгоду можно извлечь из нового продукта. Обучение проходило по case 2, до этапа обучения case 1 был закрыт.

Можно выделить на группы, которых необходимо обучать совершенно разными методами:

- сотрудники Департамента информационных технологий и ключевые пользователи – обязательная вовлеченность сотрудника на всех этапах проекта, таким образом происходит передача опыта компании-разработчика или интегратора. А также обязательно обучение у вендора, которое может проходить как до, так и после проекта или этапа проекта.

- пользователи – организовываются обучения собственными силами сотрудников ДИТ и ключевых пользователей в обучающих классах кредитной организации, а также подготавливаются четкие инструкции и видеоролики для удаленных пользователей.

21. Управление знаниями – данный этап, как правильно, формируется и передается интегратором, когда система переводится в опытно-промышленную/ промышленную эксплуатацию .

Чем сложнее система, тем больше знаний требуется от пользователя, который его применяет. Современные системы являются достаточно сложными информационными системами, для работы с которыми необходимы квалифицированные специалисты.

Значимым и ценным является формализация и систематизация огромного объема знаний. Особую ценность этим знаниям придает аспект адаптированности к условиям конкретной компании (стилю управления и внутренней культуре).

Обучение по принципу "делай, как я" приводит к потере знаний. Это сказывается на эффективности использования CRM-системы в целом, и, как следствие, на скорости возврата инвестиций.

В качестве рекомендаций, не стоит жалеть средств ни на этапе внедрения, ни на этапе модернизации на документирование знаний и разработку учебных программ. Проблема заключается в том, что

пользователи не желают использовать документацию из-за большого объема, легче уточнить у сопровождения необходимые действия.

22. Мотивация сотрудников – если ключевых сотрудников не замотивировать на внедрение новой системы, то можно их потерять:

24. Материальная мотивация – по усмотрению руководства проект учитывается в KPI сотруднику. Как правильно, есть понимание, что вознаграждение ожидается, но сколько будет составлять не известно, т.к. зависит от оценки удовлетворенности заказчиков, удовлетворенности руководителя и т.д. В данную категорию мотивации относятся повышение в должности, увеличение заработной платы.

25. Нематериальная мотивация – возможность узнать новую систему и быть более конкурентоспособным на рынке. Возрастаение репутации как личности в банковской деятельности, в связи с тем, в банковской деятельности практически все знают друг друга или можно узнать. Похвала активных сотрудников на коллегиальном органе Банка, благодарственные письма.

На Рис. 2 и 3 комплементарные взаимосвязи по проектам case1 и case2.

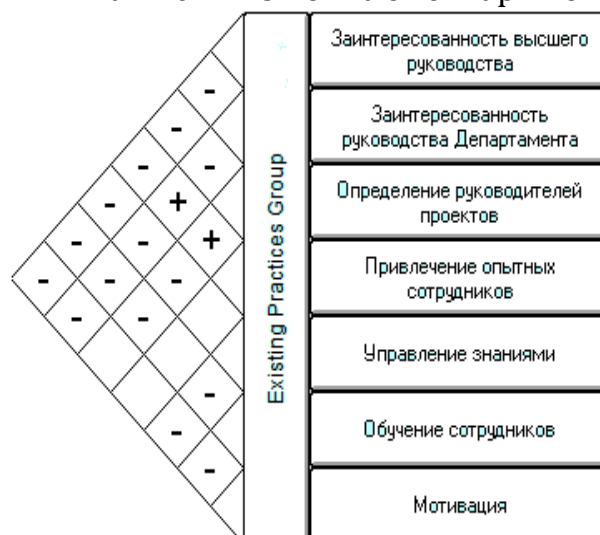


Рис. 2 Кадровые практики case1

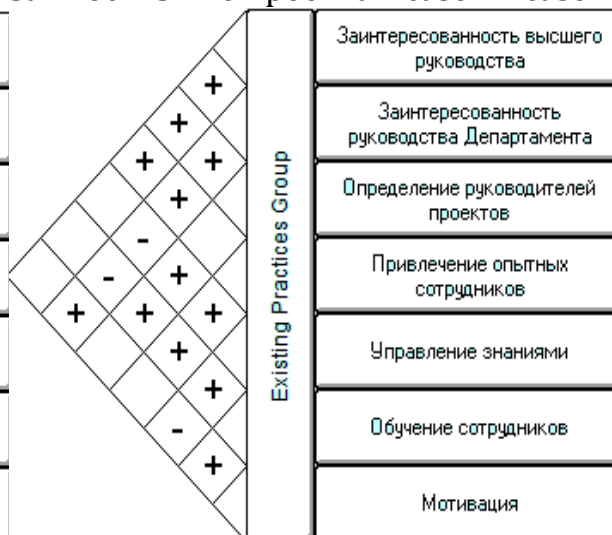


Рис. 3 Кадровые практики case2

Альтернативная модель

Не смотря на то, что case2 признан успешным, кадровые проблемы возникают.

Можно выделить три направления, по которым необходимо проводить работу для устранения препятствий по внедрению и работе в системе:

- управление знаниями. На сегодняшний день проблема заключается в нежелание изучать документацию по системе, т.к. подробные документации как правильно составляют достаточно большой объем, что отталкивает пользователей. Чтобы обойти такую ситуацию, можно предложить несколько PrintScrн по системе с краткими комментариями. Чтобы после обучения остались наглядные подсказки;

- повышение лояльности сотрудников. Проблема возникает в том, что

сотрудники могут проявлять внутреннее противоречие к системе, новым сотрудниками или руководителям проекта. Чтобы повысить лояльность предлагается проводить встречи до проекта, презентации с объяснением к чему стремится кредитная организация, какие положительные эффекты ожидаются при внедрении системы и что ожидается от сотрудников. Необходимо уделить внимание опросу о желаемой функциональности и принять во внимание. Если идеи сотрудников оказались интересными и планируется реализовать, то необходимо отметить данный факт среди опрошенных;

- увеличение мотивации сотрудников. Проблема возникает в том, что у сотрудников при участии в проекте есть какие-то ожидания материальные и нематериальные, когда ожидания не реализовываются, в следующий раз включить в проект будет проблематично. Если в проекте участвуют сотрудники другой службы, то необходимо четко определять условия участия в проекте.

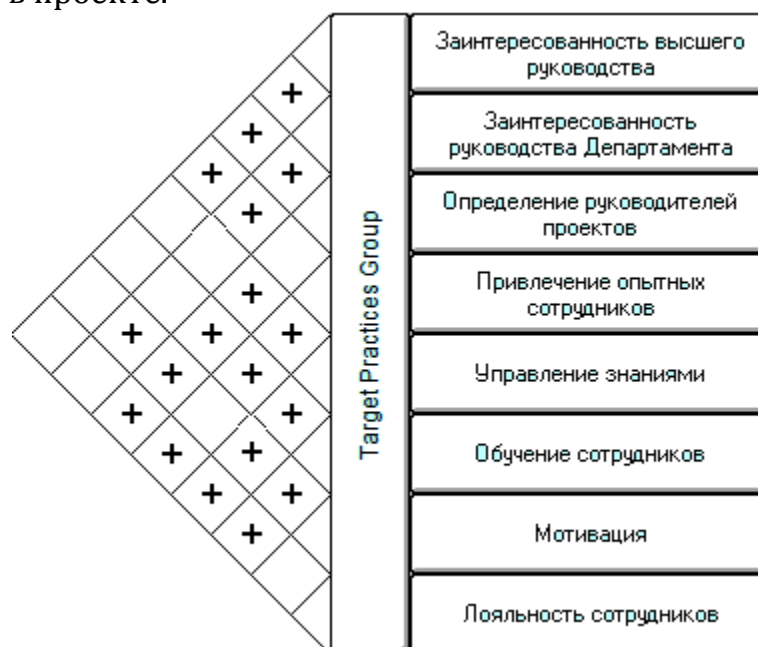


Рис. 4. Матрица изменений в практике “как будет”

Литература

1. Wikipedia URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Система управления взаимоотношениями с клиентами](http://ru.wikipedia.org/wiki/Система_управления_взаимоотношениями_с_клиентами)
2. Скрипкин К.Г. Эффективность ИТ и организационные изменения в современном российском вузе Международный журнал "Образовательные технологии и общество" URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v16_i3/pdf/11.pdf
3. Milgrom P, Roberts J. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review 1990. Vol.80, №3. – P.511-528.
4. Brynjolfsson E., Renshaw A., Van Alstyne M. The Matrix of Change // Sloan Management Review 1997. Vol. 38, № 2. – P.37-54.
5. Практика CRM URL: <http://www.crm-practice.ru/news/>
6. Гринберг, Пол CRM со скоростью света = CRM at the speed of light. — СПб.: Символ Плюс, 2007. — 528 с. — 2000
7. П. Милгром, Дж. Робертс Экономика, организация и менеджмент: В 2-х т. / Пер. с англ. И.В.

- Розмаинского, Д.Е Тетерина, К.А. Холодилина под редакцией И.И. Елисеевой и В.Л. Тамбовцева — СПб. : Экономическая школа, 1999. — т. 1 – 472 с., т. 2 – 424 с.
8. Зимин К. ЭКОНОМИКА СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И КОМПЛЕМЕНТАРНЫЕ АКТИВЫ. Управляем предприятием № 3 (26) , март 2013
 9. Bresnahan T., Brynjolfsson E., Hitt L. Information Technology, Workplace Organization and Demand for Skilled Labor: an Empirical Evidence. — Quarterly Journal of economics — 2002.
 10. Скрипкин К. Архитектура организации и её роль в ИТ-инновациях // Инновационные информационные технологии: Материалы международной научно-практической конференции. — Т. 4. — МИЭМ НИУ ВШЭ Москва, 2013. — С. 251–258.

Середенко Е.С.

Экономический факультет МГУ им.М.В.Ломоносова, аспирант, negwest@mail.ru

Справедливое распределение прибыли между участниками совместной деятельности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Совместная деятельность, методы распределения, менеджмент, прибыль.

АННОТАЦИЯ:

Статья посвящена систематизации основных подходов справедливого распределения общего ресурса и их адаптации к распределению между участниками прибыли от совместной деятельности. Рассмотрены общие требования к таким подходам в контексте определения справедливого дележа прибыли между менеджментом организации и используемыми им аналитическими инструментами. Проанализированы и применены наиболее хорошо зарекомендовавшие себя на практике методы распределения: на основе пропорционального подхода, методов рационирования, кооперативной игры, методов определения относительной значимости и групповой экспертной оценки.

Введение

Одной из задач, которые регулярно приходится решать менеджменту любой организации, является задача справедливого распределения общего результата совместной деятельности. Задача актуальна в том случае, если между участниками совместной деятельности нецелесообразно применение рыночных моделей взаимоотношений, регулирующих эффективность каждого участника рыночными методами (границы применения рыночных методов в совместной деятельности глубоко анализируются в рамках Теории фирмы начиная с работ Р.Коуза).

В основном, задачу распределения общего результата удастся решить учётными методами, а именно, внести в методологию финансового или управленческого учета специализированные признаки, позволяющие чётко отнести доходы и расходы, прибыль и убытки на соответствующие точки учёта. Однако зачастую такого подхода недостаточно, и организация, даже на уровне ключевых бизнес-процессов, вынуждена применять разнообразные внутренние методики для справедливого разнесения общего результата (в частности, прибыли/убытков) между разными участниками единого бизнеса. Проблема стоит ещё более остро в том случае, если распределение совместного результата необходимо

произвести на более низком уровне, где специализированных управленческих аналитик не внедрено, либо качество учётных данных не позволяет использовать их для справедливого дележа.

Статья посвящена рассмотрению основных подходов к распределению прибыли между несколькими участниками, которые участвуют в некоторой активности, а на выходе своей деятельности имеют общую прибыль, которую необходимо справедливо распределить на основе вклада в достижение результата. Целью работы является систематизация подходов, которые можно использовать для распределения прибыли между менеджером, принимающим ключевые решения, и теми аналитическими информационными системами, которые он использует в предположении, что результат работы менеджера известен в виде значения предпринимательской прибыли.

Общая модель

Рассмотрим задачу дележа прибыли в виде совокупности (A, K, u, w, S) , где A – конечное множество участников, S – общий результат деятельности, K – множество факторов, характеризующих вклад участника в результат, u – вклад (значения факторов) каждого участника и групп участников в общий результат, w – значимость факторов для достижения результата. Решением задачи справедливого распределения является вектор x , определяющий справедливую долю каждого участника в общей прибыли S . Содержательная интерпретация и свойства элементов K и u может несколько различаться в зависимости от особенностей задачи, они будут рассматриваться ниже в контексте применяемых методов.

Решение задачи справедливого распределения прибыли должно обладать следующими свойствами:

- Эффективность: $\sum_{i \in A} x_i = S$ (т.е. весь экономический результат в полном объёме должен быть распределён между актами принятия решений)
- Симметричность: функция $x = F(u, w, S)$ является симметричной относительно переменных u_i (т.е. при распределении общего экономического результата все участники имеют равные права, независимо от очередности и нумерации)
- Не отрицательность: из $S \geq 0$ следует, что $x_i \geq 0$ для всех i (т.е. доля участника общего положительного экономического результата не может быть отрицательной)
- Монотонность: для задач распределения (A, K, u, w, S_1) с решением x^1 и (A, K, u, w, S_2) с решением x^2 из $S_1 > S_2$ следует, что $x^1_i \geq x^2_i$ для всех i (т.е. изменение общего экономического результата не может приводить к изменению в противоположную сторону доли какого-либо участника в общем экономическом результате).

Данные требования отражают интуитивные характеристики, которым должно соответствовать справедливое распределение

совместного результата.

Линейный (пропорциональный) метод

Наиболее часто применяемыми на практике являются различные вариации пропорционального (линейного) метода. Этот подход обладает целым рядом преимуществ: он интуитивно понятен, прост в применении, подходит для многих практических задач.

В пропорциональном методе на параметры задачи дележа накладываются следующие ограничения: $K \subseteq R_+^n$ – набор не отрицательных числовых параметров, от значений которых линейно зависит справедливая доля участника,

$$u = (u_i)_{i \in A}: u_i = (u_i^1, u_i^2, \dots, u_i^n) \in K$$

– набор значений параметров, характеризующих вклад каждого участника, $w \subseteq R_+^n$ – значимость каждого параметра для итогового результата.

Тогда решение задачи справедливого распределения пропорциональным методом вычисляется по формуле:

$$x_i = \sum_{j=1}^n W(j) \times U(i, j) \times S = \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{\sum_{k=1..n} w_k} \times \frac{u_i^j}{\sum_{k=1..|A|} u_k^j} \times S$$

где множитель $W(j)$ отражает значимость параметра j , а $U(i, j)$ отражает вклад i -го участника с точки зрения параметра j ($\sum_j W(j) = \sum_i U(i, j) = 1$).

Очевидно, данное решение соответствует всем поставленным выше требованиям к справедливому дележу прибыли. Множество параметров K может быть весьма разнородным по смыслу, при этом, данный метод предполагает, что справедливая доля игрока является линейной функцией от численных значений вклада в результат. В качестве параметров могут использоваться разнообразные численные характеристики участия в деятельности, например, затраты участника или оценки полезности участника при осуществлении совместной деятельности, при этом могут использоваться общие, средние и предельные значения одной и той же величины с разными коэффициентами значимости – состав параметров определяется спецификой конкретной задачи. Коэффициенты значимости могут иметь разную природу – они могут быть либо заданы экспертно, либо могут являться численной характеристикой элементов набора параметров (например, коэффициент корреляции между общим результатом и агрегированным значением характеристики в разные моменты времени).

Несмотря на множество неоспоримых достоинств, пропорциональный метод имеет ряд существенных недостатков:

- метод весьма чувствителен к «выбросам», т.е. к значительному превышению вкладов одного из участников над остальными приводит к доминирующей доле одного из участников, что совсем не всегда справедливо, особенно когда основной результат достигается за счет синергии, т.е. именно совместность выполнения задачи дает основной эффект;

- метод не предназначен для учета коалиционных эффектов или «неполного равноправия». Например, если участие одного из участников является обязательным для достижения хоть какого-то результата, а другого необязательным, то учесть подобную «одностороннюю зависимость» в пропорциональной модели весьма затруднительно;
- метод крайне чувствителен к выбранной шкале измерения признаков. Разница между значениями двух участников в одну единицу в зависимости от выбранной «нулевой» точки может означать как отличие в разы, так и на доли процента, соответствующая пропорция отразится и на распределении общего результата. Такое поведение пропорционального метода не всегда обеспечивает справедливое распределение при регулярном использовании;
- метод не позволяет адекватно учесть параметры со специфическими числовыми шкалами (например, представляющими собой набор кластеров) или качественными шкалами (где существует отношение сравнимости, но отсутствует численная интерпретация параметров).

В следующих разделах будут рассмотрены методы, которые позволяют преодолеть данные недостатки пропорционального метода.

Рационирование

Методы рационирования широко применяются в практике распределения ресурса между несколькими участниками на основе их вкладов или требований. В частности методы справедливого дележа применяются для задач банкротства, налогообложения, раздела имущества и других.

В стандартном виде задача рационирования задается тройкой (A, u, S) , где u интерпретируется как вклады (требования) участников. Теория рационирования предлагает множество разнообразных инструментов для осуществления справедливого дележа, исходя из разных интерпретаций «справедливости» и ограничений на доли участников. Данный подход не ориентирован на многомерные характеристики вклада, т.е. он применяется только для тех задач распределения прибыли, в которых K состоит из единственного числового фактора, соответственно $w = (1)$.

Простейшим методом рационирования является пропорциональный метод, в котором ресурс S распределяется пропорционально вкладам u . Данный подход является частным случаем рассмотренного выше пропорционального (линейного) метода. Теория рационирования предлагает множество специфических методов, позволяющих учесть различные свойства ресурса (например, его неполную делимость), приоритетность участников и другие свойства конкретной задачи.

Для задачи распределения прибыли рассмотрим эгалитарный метод рационирования, основанный на методах случайного приоритета и равного профицита.

Метод случайного приоритета применяется в том случае, если сумма

вкладов всех участников превосходит совместный результат (т.е. $\sum_{i \in A} u_i > S$). Его идея состоит том, что справедливая доля участника равна средней доле участника во всевозможных последовательностях распределения ресурса (общего результата) в соответствии с вкладом. В этом случае используется следующая формула для распределения:

$$x_i = \sum_{C: i \in C \subseteq A} \frac{(|C|-1)!(|A|-|C|)!}{|A|!} b_i$$

$$b_i = \begin{cases} u_i, & \text{если } S - \sum_{j \in C} u_j > u_i \\ S - \sum_{j \in C} u_j, & \text{если } u_i \geq S - \sum_{j \in C} u_j \geq 0 \\ 0, & \text{если } S - \sum_{j \in C} u_j < 0 \end{cases}$$

Если сумма вкладов всех участников меньше, чем общий результат (т.е. $\sum_{i \in A} u_i < S$), то используется метод равного профицита. Этот метод предполагает, что каждый участник получает ту долю, которая равна его вкладу, а весь остаток делится поровну, т.е.

$$x_i = u_i + \frac{1}{|A|} (S - \sum_j u_j)$$

Эгалитарные методы менее универсальны, чем пропорциональный, однако они менее чувствительны к «выбросам». Например, в тех случаях, когда одно значение в разы превосходит все остальные, излишек (превышение общего экономического результата над суммой отдельных вкладов) распределяется равномерно (а не пропорционально). Это свойство в большей мере отражает синергетический эффект от совместной работы, взаимное дополнение друг друга. В том случае, когда значения не содержат значительных выбросов, и, в целом, вклады соразмерны друг с другом и с общим результатом, то результат распределения эгалитарным методом будет весьма близок к результату пропорционального метода.

Для применения методов рационирования для задачи распределения прибыли можно произвести переход к процентному анализу, т.е. заменить исходную задачу (A, u, S) на аналогичную «процентную» $(A, u/S, 1)$, тогда решение этой «процентной» задачи представляет собой процентную долю в исходном общем результате S .

В том случае, когда общий результат рассматривается как 1 или 100%, вклады участников могут быть вычислены на основе статистики участия в достижении результата (вклад участника может отождествляться с вероятностью достижения результата при его участии), либо на основе предельного или общего процентного вклада в результат (тогда в первом случае сумма индивидуальных вкладов будет, как правило, меньше единицы, а во втором – больше).

Кооперативная игра

Теория кооперативных игр также предлагает мощный инструмент для справедливого распределения совместного результата (совместного дохода или совместного расхода), однако в данном случае

основной акцент делается на анализе возможностей участников объединяться в различные коалиции. Чем более ценен участник для коалиций, чем эффективнее те коалиции, в которых участвует конкретный участник, тем большую долю в итоговом распределении он получает.

Использование этой группы методов оправдано для тех задач распределения совместной прибыли, в которых достижение общего результата возможно не только при одновременном участии всех участников, но и при организации деятельности любой подгруппой участников. Классическим примером такой задачи является распределение дохода между музыкантами оркестра: каждый из них может выступать как по отдельности, так и в составе более мелких групп и оркестров. Теория предлагает мощнейший инструментарий для вычисления справедливых долей с точки зрения индивидуальной рациональности участия в той или иной коалиции.

Классическая кооперативная игра с побочными платежами задается парой (A, u) , где $u(C)_{C \subseteq A}$ – характеристическая функция, определяющая результат коалиции C , при этом для задачи распределения общей прибыли $u(A) = S$. Решением этой игры является вектор дележа $x = (x_i)_{i \in A} : \sum_{i \in A} x_i = S$, значение x_i – это часть общего результата, распределённая на игрока i .

Данный подход, также как и предыдущий, не ориентирован на многомерные характеристики вклада, т.е. подход применяется для задач, в которых K состоит из единственного числового фактора, $w = (1)$.

В качестве решения кооперативной игры наиболее хорошо на практике зарекомендовали себя вектор (значения) Шепли и Нуклеолус (Н-ядро), однако только первый из них соответствует требованиям к методу справедливого распределения прибыли, поэтому будет использоваться именно он. Расчёт вектора Шепли осуществляется по следующей формуле:

$$x_i = \sum_{C \subseteq A} \frac{(a-c)!(c-1)!}{a!} (u(C) - u(C \setminus \{i\})),$$

где $c = |C|$ – количество участников в коалиции C , $a = |A|$ – общее количество участников. По сути, вектор Шепли определяет долю участника как среднюю ценность, которую он вносит в коалицию своим участием.

В задаче распределения общей прибыли значения характеристической функции на коалициях практически никогда не известны точно и задаются различными функциями, вычисляющими значения на основе известной информации. Как и при использовании методов рационального, для применения данного метода часто целесообразно перейти к «процентному» подходу, уменьшив значение характеристической функции в S раз и рассматривая вклады в долях от общего результата.

Достоинством данного подхода в сравнении с пропорциональным методом является его справедливость с точки зрения организации групп. Например, если какой-то участник не вносит никакого реального вклада в общий результат (т.е. результат без него был бы таким же, как и с ним), то

его доля в прибыли будет нулевой. Метод рационарования, как правило, эквивалентен некоторой кооперативной игре, т.е. класс методов на основе кооперативной игры заведомо позволяет решать более широкий класс задач.

Отметим, что теория кооперативных игр предлагает развитую систему методов для распределения общего результата в сложных условиях: например, некоторые модели ориентированы на нечеткие коалиции (в которых игрок может участвовать одновременно в нескольких коалициях в определенной доле своего времени), другие модели рассматривают характеристическую функцию, как совокупность случайных величин с заданными вероятностными характеристиками.

Метод оценки относительной значимости

Как было отмечено выше, недостатком пропорционального метода является его критическая зависимость от выбора шкалы, в которой заданы исходные факторы. А факторы, отражающие вклад в итоговый результат, но не заданные количественно, вообще не могут быть учтены обычным образом.

Для преодоления этих проблем используются методы экспертного принятия решений. Данные методы позволяют определить относительную значимость каждого из участников в совместной деятельности. К задаче распределения прибыли мы будем применять наиболее известный и хорошо зарекомендовавший себя метод этого класса - Метод анализа иерархий. Он является развитием пропорционального метода, но позволяет унифицировать шкалы факторов на основе их относительного сравнения.

Метод анализа иерархий применяется к набору (A, K, u, w) , при этом элементы множеств u и w могут задаваться в произвольных шкалах, для которых экспертно может быть определено отношение сравнимости. Результатом применения метода анализа иерархий является вектор $y = (y_i)_{i \in A} : \sum_{i \in A} y_i = 1$, отражающий доли каждого участника в общей прибыли (т.е. итоговое распределение прибыли вычисляется как $x_i = S \times y_i$).

Метод анализа иерархий предполагает следующий алгоритм вычисления вектора приоритета:

- для каждого фактора k экспертом определяется квадратная матрица попарных сравнений $G^k = (g_{ij})_{|A| \times |A|}$, где $g_{ii} = 1$, $g_{ij} = 1/g_{ji}$. Каждый элемент g_{ij} матрицы задает степень превосходства участника i над участником j в итоговой прибыли с точки зрения фактора k по девятибалльной шкале (1 - равная предпочтительность, 9 - абсолютное превосходство);
- для каждой матрицы попарных сравнений G^k вычисляется максимальное собственное значение λ^k и соответствующий L_1 -нормированный собственный вектор z^k . Данный вектор определяет приоритеты участников с точки зрения фактора k ;
- аналогичным образом экспертом определяется квадратная матрица попарных сравнений признаков w размером $|K| \times |K|$, определяющая

важность признаков относительно друг-друга, затем вычисляется L_1 -нормированный вектор приоритета признаков v ;

- итоговый приоритет (значение относительной значимости) для участника a_i вычисляется как $y_i = \sum_{k \in K} z_i^k * v_k$

Данная схема может быть легко расширена различными дополнениями, включающими группировку признаков в иерархии с проведением сравнений «по слоям» иерархии, оценку несколькими экспертами и т.п.

Метод групповой экспертной оценки

В случае, если факторы влияния на вклад участника не представляется возможным оценить численно и сравнить, используются методы ещё сильнее опирающиеся на экспертную оценку. Такие методы ориентированы не столько на структурирование входящих данных, сколько на структурирование процесса экспертной оценки. Справедливым распределением прибыли в этом случае называется такое распределение, которое считает справедливым группа экспертов.

Процедура экспертной оценки может включать в себя следующие элементы:

- заочность: оценка проводится заочно и письменно, координирует процесс независимый координатор;
- итеративность: процедура оценки проводится многократно с учётом результатов предыдущей итерации оценки;
- анонимность: оценка проводится анонимно, т.е. участникам оценки доступна информация о мнениях других участников, однако эти мнения обезличены;
- обоснованность: каждый эксперт не только дает свою экспертную оценку числового показателя, но и предоставляет описание причин, по которым он дал именно такую оценку;
- доверительный интервал: каждый эксперт оценивает не значение некоторого параметра, а интервал, а также вероятность попадания реального значения в этот интервал.

Наибольшее распространение получил заочный итеративный анонимный метод оценки и прогнозирования Дельфи. Простейшая вариация метода представляет собой итеративную последовательность шагов:

3. Рассылка экспертам опросного листа с предложением оценить справедливую долю участников в общей прибыли.
4. Ответ экспертов на вопросы опросного листа и обоснование мнения (факторов, которые данный эксперт считает наиболее существенными).
5. Сбор информации от экспертов.
6. Рассылка экспертам ответов и обоснований всех экспертов, без указания авторства.

7. Возврат на п.1, если не удалось достигнуть консенсуса.

Такая технология, при заинтересованности экспертов, позволяет, как правило, прийти к консенсусу, при этом исключив открытые столкновения, факторы авторитета, присущие очным групповым обсуждениям.

Важную роль при применении метода Дельфи играет координатор процесса, задачей которого является управление процессом оценки и приведение глоссария и значений в единую систему понятий и единую систему измерений.

Заключение

В статье рассмотрена система методов распределения общей прибыли между участниками совместной деятельности. Данной совокупности достаточно для решения большинства практических задач в зависимости от специфики совместной деятельности и свойств факторов, влияющих на справедливую долю участника в общей прибыли. С другой стороны данная система методов открыта для гораздо более глубокой проработки в первую очередь в части постановки более жёстких ограничений на допустимый результат распределения (например, соответствие результата заранее установленным требованиям, определение точности итогового распределения прибыли в зависимости от вероятностных свойств входящих факторов).

Список литературы

1. Мулен Э., «Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели» (пер. с английского Меньшиковой О.Р.) – М.: "Мир", 1991
2. Саати Т. Л., «Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети» — М.: Издательство ЛКИ, 2008
3. Данилов В.И., «Лекции по теории игр» – М.: Российская экономическая школа, 2002
4. Мартино Дж., «Технологическое прогнозирование» – М.: Прогресс, 1977
5. O'Neill B., «A problem of rights arbitration from the Talmud» – Mathematical Social Sciences, vol. 2, issue 4, 1982, pp. 345-371
6. Herrero C., Maschler M. , Villar A., «Individual Rights and Collective Responsibility: The Rights-Egalitarian. Solution» – Mathematical Social Sciences, vol. 37, issue 1, 1999, pp. 59-77

Скрипкин К.Г.

МГУ им. М.В.Ломоносова, экономический факультет, доцент кафедры
экономической информатики k.skripkin@gmail.com

От информационных технологий в учебном процессе к новой модели образования

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Модель образования, учебный процесс, информационные технологии, управление кадрами.

АННОТАЦИЯ:

В настоящее время в российских вузах наблюдаются многочисленные попытки внедрения современных образовательных технологий, в т.ч. и на основе ИТ. В то же время, масштабы этих попыток чаще всего ограничены, как и влияние этих попыток на результативность образовательного процесса.

Основными препятствиями к внедрению передовых информационных технологий в образовательный процесс выступают устаревшие организационные практики и неготовность человеческого капитала. Налицо отдельные успехи в преодолении этих препятствий, но эти успехи пока недостаточны для существенного повышения результативности.

Для качественного изменения самого учебного процесса и его результатов необходима, прежде всего, целостная модель образовательного процесса, увязывающая воедино внедрение информационных технологий, организационные преобразования и новые подходы к управлению кадрами.

Введение

Важность проблемы информатизации образования в России давно признана как на государственном уровне (см. например, [1]), так и на уровне образовательного сообщества (см., например, [2]). Задачу насыщения вузов вычислительной техникой государство считает в основном решенной [3], однако решение институциональных проблем образования далеко от завершения [3].

Такое отставание институциональной среды от собственно технологической закономерно. Информационные технологии относятся к классу технологий общего назначения [4]. Такие технологии сами по себе не повышают результативность, но открывают возможности для создания большого количества новых результативных прикладных технологий. Применение этих технологий с надлежащей отдачей требует, в частности,

изменения организации производства или, в случае вуза, организации учебного процесса, научных исследований и т.д. Эти изменения вслед за [5] мы будем именовать «со-изобретением» (англ. Co-invention). Со-изобретение состоит во взаимной адаптации технологии и организации, использующей последнюю. Такая адаптация требует инноваций как со стороны поставщиков, так и со стороны потребителей технологических решений. Именно эта двойственность процесса, включающая обязательное вовлечение потребителя новой технологии, обозначена термином «со-изобретение».

В нынешней ситуации в российском высшем образовании видны признаки того, что, несмотря на массированные инвестиции в создание технической инфраструктуры, процесс со-изобретения далек от завершения. В этой ситуации новые технологии неизбежно сталкиваются со старыми процессами в учебной и научной деятельности вуза, что сильно ограничивает отдачу.

Подчеркнем, что в настоящей работе речь идет об анализе результативности информационных технологий в российском высшем образовании, т.е. об их вкладе в прирост результатов образовательной деятельности. На уровне вуза под результативностью здесь и далее будет пониматься степень реализации этих возможностей в конкретном вузе. Эффективность же, в соответствии с общепринятым смыслом этого понятия, будет рассматриваться как соотношение результатов и затрат. Данная работа посвящена проблеме повышения результативности, которая сегодня имеет принципиальное значение.

Настоящая работа исследует эту проблему и основные методы её решения. Последнее видится на нескольких направлениях. Первое из них – диагностика ситуации, возможность выявить и формализовать наиболее важные противоречия между новыми технологиями и практикой российского образования. Для этого в работе будет предложен специальный инструмент, основанный на так называемой матрице изменений. Второе – поиск в российской и зарубежной практике передовых процессов, снимающих существующие противоречия и обеспечивающих существенное повышение результативности вуза. Такие практики будут предложены на основе анализа кейсов, изученных автором. Наконец, третьим направлением представляется построение целостной модели нового образовательного процесса, обеспечивающей новый уровень результативности образования на основе использования передовых технологий.

Современные подходы к анализу результативности информационных технологий

Начнем с нескольких определений.

Под ИТ-сервисом мы будем понимать решение определенной задачи бизнеса средствами ИТ. Такое определение ИТ-сервиса не тождественно понятию ИТ-услуги, т.к. услуга предполагает коммерческое взаимодействие

двух и более фирм, тогда как ИТ-сервис может оказываться внутри предприятия, например, ИТ-службой.

Организационная практика есть определенный способ решения задачи, стоящей перед организацией. Например, в качестве организационной практики можно рассматривать сдельную оплату труда рабочих (альтернатива, например, повременная оплата), учет затрат по методу ABC (Activities Based Costing– учет затрат по видам деятельности), альтернативой которому может выступать, например, метод прямых затрат. Другой пример – планирование производства по модели Just-in-time (точно в срок), альтернативой которому может быть традиционное планирование с высоким уровнем запасов.

При совместном использовании одни организационные практики естественным образом влияют на результативность других. Если совместное использование двух и более организационных практик обеспечивает большую отдачу и/или меньшие затраты, нежели использование каждой из них по отдельности, такие практики будут именоваться комплементарными друг другу. При меньшей отдаче и/или более высоких затратах, такие практики будут именоваться субститутами.

Современная теория влияния ИТ на производительность была во многом заложена П.Милгромом и Дж.Робертсом в [6]. В этой работе впервые были продемонстрированы взаимосвязи между производительным применением ИТ в широком масштабе и определенными организационными практиками в области управления продуктовой линейкой, организации производства, управления запасами и т.д. Более того, была создана теория производительности фирмы при наличии комплементарных взаимосвязей между используемыми ИТ-сервисами, организационными практиками и компетентностями человеческого капитала, включающая соответствующий математический аппарат. Среди выводов этой теории для нашей проблемы наиболее важны следующие:

- современная модель производства в обрабатывающей промышленности опирается на значительные комплементарные эффекты между организационными практиками в самых разных областях;
- комплементарные эффекты возникают не между «компьютерным капиталом», «организационным капиталом» и «человеческим капиталом» вообще, а между конкретными ИТ-сервисами, организационными практиками и компетентностями сотрудников;
- наличие комплементарных эффектов требует комплексного внедрения определенного набора практик, а не улучшений в отдельных областях;
- очевидные трудности этого процесса ведут к значительному разбросу результатов отдельных фирм.

Хотя предложенная авторами модель организации относится исключительно или преимущественно к обрабатывающей промышленности, эти общие выводы применимы к самым разным

областям, в том числе и к высшему образованию.

Исходя из этих положений, анализ комплементарных взаимосвязей становится ключевой проблемой изменений в организации любой сферы деятельности, в том числе и в вузе. Первым инструментом такого анализа стала матрица изменений, предложенная в [7]. Суть матрицы изменений – в совместном описании исходных и целевых организационных практик с учетом комплементарных взаимосвязей тех и других (Рис.1).

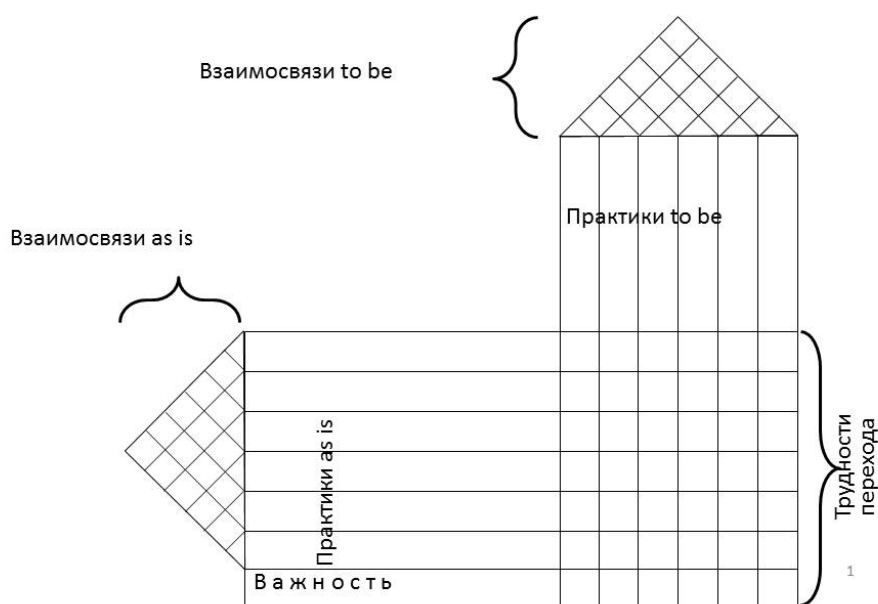


Рис.1. Общая схема матрицы изменений

Матрица изменений состоит из двух таблиц, наложенных друг на друга. Каждая состоит из прямоугольной части – списка организационных практик и треугольной, содержащей данные о взаимосвязях между практиками. Знак «+» в ячейках треугольника означает комплементарность двух практик, знак «-» – что эти практики выступают по отношению друг к другу как субституты. Горизонтальная таблица описывает существующие практики (на Рис.1 – “as is”), вертикальная – практики, внедряемые в ходе проекта (на Рис.1 – “to be”). Данные о комплементарности организационных практик заполняются на основе экспертных оценок сотрудников организации. Нижняя строка описывает важность внедряемых практик по шкале Ликерта (от -2 – очень мешает до +2 – очень важна). Оценки в этой нижней строке также получаются на основе опроса экспертов. Наконец, прямоугольник на пересечении двух таблиц описывает сочетаемость существующих и внедряемых практик и, соответственно, трудности перехода от «как есть» к «как будет». Содержание этих понятий будут рассмотрены в ходе построения матрицы изменений для вуза в следующем параграфе.

В дальнейшем, на основании целого ряда эмпирических исследований, в [8] был выявлен набор организационных практик, комплементарных ИТ, который сегодня рассматривается как наиболее общий и широко применимый:

1. Переход от аналоговых процессов к цифровым, безбумажным процессам.
2. Открытый доступ сотрудников к информации.
3. Расширение полномочий работников и их права принимать самостоятельные решения – «Информация не имеет экономической ценности, если она не изменяет решения».
4. Прямое измерение производительности сотрудников и построение систем стимулирования на основе измеренной таким образом производительности.
5. Инвестиции в корпоративную культуру, прежде всего, в создание новых норм, сплачивающих организацию в её новом, «цифровом» варианте.
6. Изменение требований к нанимаемым сотрудникам – «увеличение производительности с использованием технологии есть функция от качества людей, её использующих».
7. Вложения в человеческий капитал – «цифровая организация предоставляет своим сотрудникам значительно более масштабное обучение».

В заключительном параграфе статьи мы рассмотрим применимость данного набора практик в вузе и возможные направления реализации отдельных практик.

Образовательный процесс российского вуза как система организационных практик

Данный анализ основан на материале трех ведущих московских вузов. Автор не утверждает, что подобные практики в неизменном виде присутствуют во всех вузах России. Тем не менее, сходство данных практик во всех трех рассмотренных вузах позволяет считать их достаточно распространенными, а выводы из проведенного анализа – достаточно общими. Предметом анализа будут организационные практики и компетенции сотрудников в образовательном процессе вуза. Управление вузом будет рассмотрено в той мере, в какой оно непосредственно влияет на образовательный процесс.

Среди типичных организационных практик образовательного процесса, влияющих на результативность ИТ, следует выделить следующие:

11. Ограниченное применение информационных технологий в изучении предметной области. Использование современных ИТ в изучении профильных предметов вуза остается исключительной прерогативой преподавателей, единых стандартов и требований, хотя бы на уровне отдельных дисциплин, выявлено не было. Большинство преподавателей слабо ориентируются в возможностях ИТ в их предметной области и

используют ИТ в крайне ограниченном объеме. В частности, в двух из трех вузов по меньшей мере значительная часть преподавателей не использовала компьютеры в такой дисциплине, как статистика.

12. Оплата труда преподавателей, исходя из «горловой нагрузки», т.е. читаемых лекций и семинаров. В результате создание сложного учебного контента, в частности, дистанционного, не только требует значительных усилий, не влияющих на оплату труда преподавателя, но в большинстве случаев представляет собой прямой вычет из «горловой нагрузки» и, следовательно, из оплаты преподавателя.

13. Вся документация по учебному процессу ведется исключительно в письменной форме (ведомости и зачетки). Для сравнения, в американских университетах распространено проставление оценок студентам непосредственно в информационной системе университета. Именно оценка в информационной системе остается основной, любые бумажные документы распечатываются из системы.

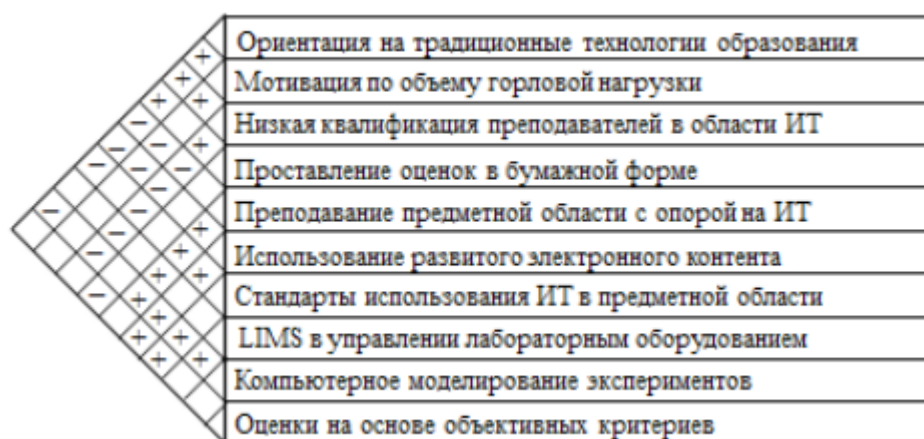


Рис. 2. Текущие организационные практики типичного вуза в образовательном процессе

В то же время, исходя из принципов [8] и ряда современных работ по электронному обучению, например, [9], [10], [11], [12] можно выделить следующие принципы современного обучения, совмещающего электронные и традиционные технологии (далее – модель Blended Education, т.е. смешанного образования):

1. Преподавание предметной области с опорой на ИТ, в том числе дистанционными методами;
2. Использование в учебном процессе развитого электронного контента, включающего разнообразные активные формы обучения;
3. В естественных науках – активное использование LIMS (Laboratory Information Management System – система управления информацией лаборатории) и компьютерного моделирования экспериментов;
4. Выставление оценок по объективным критериям, включающим результаты студента в лабораторных работах, практических заданиях и самостоятельных исследованиях.

Исходя из этого, можно построить частичную матрицу изменений в виде описания практик «как есть» (Рис.2).

На схеме можно видеть два четких кластера, практически несовместимых между собой. С одной стороны, это существующие организационные практики:

1. Ориентация на традиционные технологии образования, комплементарная мотивации по объему горловой нагрузки, низкой квалификации преподавателей в области ИТ и проставлению оценок в бумажной форме;
2. Низкая квалификация преподавателей в области ИТ, комплементарная мотивации по объему горловой нагрузки и проставлению оценок в бумажной форме.

Сходным образом оказываются комплементарны между собой принципы модели Blended Education, перечисленные выше. Основная проблема в том, что эти две системы, каждая из которых весьма устойчива, крайне плохо совместимы между собой. Прежде всего, ориентация на традиционные технологии и низкая квалификация преподавателей в области ИТ противоречат стандартизации использования ИТ в профильных дисциплинах вуза. Большая часть преподавателей, вероятнее всего, не сможет соответствовать передовым стандартам, а важность самих стандартов в этих условиях недооценивается. Эти же факторы очевидным образом противоречат созданию и использованию развитого электронного контента. В данную проблему свой вклад носит и неадекватная мотивация, прямо противоположная современной тенденции переноса большей части образовательного контента в электронный, часто – в дистанционный вид. В естественнонаучных дисциплинах эти же факторы препятствуют компьютеризации лабораторного оборудования (системы LIMS) и компьютерному моделированию экспериментов. Наконец, традиционный учебный контент ограничивает возможности оценки практических навыков студентов, что снижает объективность оценки. Оценка студента в информационной системе, автоматически формируемая на основе разнообразных заданий, представляется значительно более объективной.

Таким образом, в образовательном процессе сложившаяся система организационных практик, не затронутая до сих пор реформой образования, является основным тормозом результативности новых образовательных технологий.

Альтернативная модель образовательного процесса

В настоящем параграфе будет рассмотрена альтернативная модель организации учебного процесса, позволяющая использовать современные технологии. Предлагаемые организационные практики основаны на анализе литературы, а также трех кейсов: двух ведущих российского вузов и одного американского университета. Среди препятствий к использованию электронных образовательных технологий можно выделить три важнейших:

1. Отсутствие материальных стимулов к созданию электронного контента;
2. Недостаток знаний в области электронных образовательных технологий;
3. Отсутствие технической квалификации, необходимой для ряда работ.

	Включение работ по Е-курсам в нагрузку преподавателя
	Обучение использованию ИТ в предметной области
	Обучение созданию развитого электронного контента
	Техническая поддержка работ по Е-курсам
	Преподавание предметной области с опорой на ИТ
	Использование развитого электронного контента
	Стандарты использования ИТ в предметной области
	LIMS в управлении лабораторным оборудованием
	Компьютерное моделирование экспериментов
	Оценки на основе объективных критериев

Рис. 3. Матрица изменений для практик "как будет" в образовательном процессе

Преодоление некоторых из этих препятствий описано в [13]. Прежде всего, следует отметить создание специализированного Центра научно-образовательных информационных ресурсов (ЦНОИР), осуществляющего координацию всех технических работ в области системы дистанционного обучения (СДО) Moodle, принятой в данном вузе в качестве стандарта. В ЦНОИР также сосредоточена деятельность по обучению преподавателей работе в СДО. Тем самым компенсируются два препятствия из трех, связанных с недостатком знаний и технической квалификации. К сожалению, в данной работе не описана система мотивации преподавателей на разработку электронного контента.

Решение этой проблемы предложено в [14]. Было предложено рассчитывать для преподавателей не только учебную, но и учебно-методическую нагрузку, которые являются равноправными составными частями нагрузки преподавателя. Более того, в штате вуза предусмотрены ставки профессорско-преподавательского состава (ППС) по разработке учебно-методических комплексов, ориентированные именно на такие работы.

Сходный опыт автор обнаружил в американском университете, где он проводил интервью с сотрудниками, занимающимися СДО. В нем тоже соответствующие работы были централизованы, проводилось обучение преподавателей и техническая поддержка разработки и эксплуатации электронного контента, переориентация системы учета нагрузки с «горловой» нагрузки на разработку учебного контента. Таким образом, есть основания считать, что в данной области передовые российские вузы следуют в русле мировых тенденций.

Как видно на рис.3, предложенные меры устраняют противоречие

между современными образовательными технологиями и организационными практиками вуза. Что особенно важно, эти решения предложены для российских условий и, в частности, для российского законодательства.

Новые требования к ИТ-инфраструктуре

Наконец, важный компонент необходимых организационных изменений – развитие соответствующей инфраструктуры, прежде всего, в области ИТ. Такое развитие может проводиться как собственными силами (см., например, [13]), так и силами внешнего провайдера, привлекаемого на условиях аутсорсинга. К сожалению, этот вариант обычно требует больших финансовых затрат, поэтому крайне редко применяется в российских вузах.

В области развития инфраструктур можно выделить две проблемы. Первая – обеспечение надежной работы всей ИТ-инфраструктуры, обеспечивающей ИТ-сервисы, критичные для деятельности вуза. Речь идет об образовательных, научных и управленческих сервисах, по крайней мере, об их части. Как было показано еще в [16], чем глубже вовлечены ИТ-сервисы в основную деятельность организации, тем более высокие требования предъявляются к соответствующей ИТ-инфраструктуре и тем выше стоимость владения последней. Эти процессы необходимо отслеживать и своевременно реагировать на них, в противном случае сбои в работе ИТ-сервисов могут непосредственно сказываться на качестве образовательной и научной деятельности вуза.

Второй проблемой становится развитие специализированных сервисов, прежде всего, образовательных. Эти сервисы в значительной мере специфичны для каждого вуза, вследствие чего не могут быть приобретены на стороне. Вуз должен создавать их самостоятельно, по крайней мере, частично. Это требует взаимодействия преподавателей-предметников и специалистов в области ИТ. Важно отметить, что речь и в этом случае идет о проектной деятельности, которая сегодня не является сильной стороной многих российских вузов. Тем не менее, развитие подобных проектов совершенно необходимо для модернизации вуза.

Последовательное решение этих проблем позволит избежать превращения ИТ-инфраструктуры в «узкое место», препятствующее развитию вуза.

Заключение

В настоящей работе было проведено исследование организационных практик современного российского вуза и возможность их изменения для повышения результативности последнего. Следует отметить, что эти изменения в целом лежат в русле организационных практик, намеченных в зарубежных работах (Табл.1)

Таблица 3. Соответствие предлагаемых практик передовому опыту

№	«Столп производительности»	Содержание в вузе
1	Переход от аналоговых процессов к цифровым, т.е. безбумажным	Переход к электронным технологиям обучения
2	Открытый доступ сотрудников к информации	Портал и другие информационные ресурсы, обеспечивающие доступ студентов, преподавателей и сотрудников к электронному контенту, проектным материалам и внешней информации
3	Расширение полномочий работников и их права принимать самостоятельные решения	Расширение возможностей проектной деятельности, как в образовательном процессе, так и в научных исследований, что повышает роль инициативы преподавателей и студентов
4	Прямое измерение производительности сотрудников	Фиксация результатов образовательной и научной деятельности в виде доступных для анализа материалов
5	Инвестиции в корпоративную культуру	Изменение отношения сотрудников к новым технологиям в области ИТ и образования как такового
6	Изменение требований к нанимаемым сотрудникам	Повышение требований к компьютерной грамотности, способностей к командной работе и мобильности сотрудников
7	Вложения в человеческий капитал	Обучение преподавателей и сотрудников использованию ИТ, разработке контента, составлению заявок на гранты и т.д.

В то же время, внедрение таких практик представляет собой отдельную проблему. Поскольку организационные изменения необходимо проводить в тесной связи с внедрением современных ИТ, процесс внедрения выходит за рамки данной работы. Он является предметом отдельного исследования, проводимого в настоящее время.

Литература

1. Федеральная целевая программа развития образования на 2011-2015 гг., доступна по адресу URL: <http://www.fcpro.ru/the-concept-of-the>, дата обращения 12 мая 2013 г.
2. Бутакова М. М., Мамченко О. П., Мищенко В. В., Соколова О. Н. Проблемы управления в системе высшего профессионального образования при формировании инновационной модели экономики // Успехи современного естествознания. 2007. № 4. – С.22-88.
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013-2020 гг., доступна по адресу URL: <http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/3409/%D1%84%D0%B0%D0%B9%D0%BB/2228/13.05.15-%D0%93%D0%BE%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC>

%D0%BC%D0%B0-
%D0%A0%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B5_%D0%BE
%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD
%D0%B8%D1%8F_2013-2020.pdf, дата обращения 13 мая 2013 г.

4. David P, The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective to the Modern Productivity Paradox // American Economic Review 1990. Vol. 80, № 2. – P.355-381.
5. Bresnahan T. Prospects for the Information-Technology-Led Productivity Surge // Innovation Policy and the Economy 2002. Vol. 2. – P.135-161.
6. Milgrom P, Roberts J. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review 1990. Vol.80, №3. – P.511-528.
7. Brynjolfsson E., Renshaw A., Van Alstyne M. The Matrix of Change // Sloan Management Review 1997. Vol. 38, № 2. – P.37-54.
8. Brynjolfsson E. VII Pillars of Productivity // Optimize. Vol. 22 (May 2005).
9. Vaira M. Globalization and higher education organizational change: A framework for analysis // Higher Education 2004. Vol. 48, № 4. – P.483-510.
10. Marginson S. Dynamics of national and global competition in higher education // Higher Education 2006. Vol. 52, № 1. P.1-39.
11. Kesim E. The Economic Contributions of Developing e-Learning Technologies from the Perspective of Educational Organizations // Procedia – Social and Behavioral Sciences 2012. Vol. 47. – P.2070-2074.
12. Eyring H., Christensen C. // Changing the DNA of Higher Education. American Council on Education. URL: <http://www.acenet.edu/news-room/Documents/Changing-the-DNA-of-Higher-Ed.pdf>, дата обращения 15 мая 2013 г.
13. В. Н.Устюгова, Р. А.Валитов, И. С.Ермолаев Особенности внедрения и эксплуатации системы дистанционного обучения в Татарском государственном гуманитарно-педагогическом университете // Международный журнал «Образовательные технологии и общество (Educational Technologies & Society)» – 2011 – V. 14 –N 3. – С.311-336. ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>
14. Карпенко М. П., Семенова Т. Ю., Сечина А. В., Кузина Т. С. Особенности расчета численности профессорско-преподавательского состава при реализации информационно-коммуникационных дистанционных образовательных технологий // Инновации в образовании 2010. № 3. – С.17-38.
15. Альтбах А., Райсберг Л., Юдкевич М., Андрущака Г., Пачеко И. (ред.). Как платят профессорам? Глобальное сравнение систем вознаграждения и контрактов. Сборник: М.: Издательский дом высшей школы экономики, 2012. –
16. Скрипкин К.Г., Экономическая эффективность информационных систем // М.: ДМК-Пресс, 2002. – 256 с.

Оглавление

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ3

Колин К.К.

Информационная культурология: философские и научно-методологические основания изучения и развития информационной культуры человека и общества..... 4

Костогрызов А.И., Нистратов Г.А., Нистратов А.А., Довбня А.Б., Тимченко А.Н.

Стандарты, методы и технологии системной инженерии 14

Гергель В.П.

Международные рекомендации по составлению учебных планов в области суперкомпьютерных технологий..... 34

Зиндер Е.З.

Новая парадигма инжиниринга предприятий и требования к новым ИТ-специальностям..... 44

Ромасевич П.В., Смирнова Е.В., Ромашкина Е.А.

Направления сотрудничества компании D-Link с высшими учебными заведениями..... 56

Липунцов Ю.П.

Состав данных информационного обмена участников предметной области «Образование»..... 65

СЕКЦИЯ 1. ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ: МЕТОДОЛОГИЯ, МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....76

Кузенков О.А., Тихомиров В.В.

Использование методологии «TUNING» при разработке национальных рамок компетенций в области ИКТ..... 77

Гринченко С.Н., Щапова Ю.Л.

Информационные технологии в историческом прошлом человечества.....88

Монахов В.М., Ерина Т.М.

Системно-целостный подход к конструированию инновационного дидактического инструментария для исследований процесса модернизации образования 97

Монахов В.М., Фирстов В.Е.

Дидактический потенциал синергетического подхода к формированию общенаучного методологического основания модернизации образования.....108

Шухман А. Е., Мотылева М.В.

Проектирование системы подготовки ИТ-специалистов с поддержкой индивидуальных образовательных траекторий..... 124

Толстобров А.П., Протасова И.В., Коржик И.А.

Система анализа статистики тестирования как средство самооценки преподавателем Электронного Образовательного Ресурса..... 133

Морзе Н.В., Кочарян А.Б.

Информационно-коммуникационная компетенция преподавателей современного университета. Корпоративные стандарты..... 142

Курзаева Л.В.

Тестовая оценка результатов обучения личности в парадигме компетентностного подхода (на примере ИТ- направлений подготовки)..... 151

Юдина Т.Н., Богомолова А.В., Дышкант Н.Ф., Петухова О.В.

Современное статистическое образование: опыт зарубежных стран. Инициативы в России.....	157
СЕКЦИЯ 2. E-LEARNING, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ	164
<i>Нечаев В.В., Панченко В.М., Комаров А.И.</i>	
Методические аспекты и технологии поддержки интерактивности в электронных системах обучения.....	165
<i>Сухомлин В. А.</i>	
Подготовка разработчиков корпоративных Java-приложений в режиме дистанционного обучения.....	175
<i>Баженова И.Ю.</i>	
Разработка интегрированной системы контроля знаний для дистанционного обучения языкам программирования.....	181
<i>Кадан А.М.</i>	
Компьютерный контроль знаний при изучении математических дисциплин студентами-программистами.....	188
<i>Добровольская Н.Ю., Харченко А.В.</i>	
Генератор компьютерных систем адаптивного тестирования по информатике	196
<i>Исаченко А.Н., Раевская Л.А.</i>	
Информационная и инструментальная поддержка курса «Исследование операций».....	203
<i>Гнитецкая Т.Н., Иванова Е.Б.</i>	
Количественная оценка связности курсов физики и математики при дистанционном обучении	209
<i>Куртасов А.М., Швецов А.Н.</i>	
Метод автоматизированной генерации заданий для тестов контроля знаний из текстов учебных пособий.....	218
<i>Шабанова М.В.</i>	
Системы динамической геометрии в обучении математике: проблемы и пути их решения.....	229
<i>Зеленко Л.С., Шумская Е.А.</i>	
Применение инструментальных средств управления электронным образовательным контентом систем дистанционного обучения.....	238
<i>Лавров Е. А., Барченко Н.Л.</i>	
Эргономика электронного обучения. Подход к моделированию элементов человеко-машинного взаимодействия в обучающих средах.....	244
<i>Нурбеков Б.Ж., Нурбекова Ж.К.</i>	
О Концепции развития e-Learning в высших учебных заведениях.....	250
СЕКЦИЯ 3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ЛУЧШАЯ ПРАКТИКА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ	258
<i>Ионов Ю.Г., Смирнов М.Ю.</i>	
Об образовательных ресурсах и технологии обучения студентов основам программирования роботов	259
<i>Фролов А.Б., Винников А.М., Гашков С.Б., Крыгин М.А.</i>	
Дистанционный электронный образовательный ресурс «Алгебраический процессор «НИУ «МЭИ».....	267
<i>Мельников Б.Ф., Пивнева С.В., Сытник С.С.</i>	

Анализ мест и возможностей применения имитационного моделирования принятия управленческих решений на примере компьютерной модели «Скрининговые программы».....	274
<i>Аникин В.И., Воловач В.И., Сафронова К.В.</i>	
Компонентное моделирование формальной логики в Microsoft Excel	281
<i>Лавров Е.А.</i>	
Интегрированная АСУ в университете: методология обеспечения эффективности и эргономического качества.....	290
<i>Сошников Д.В., Кириленко Я.А., Полозов В.С.</i>	
Опыт использования языка F# в преподавании в российских университетах....	297
<i>Егоров Ю.С., Алипова Н.А.</i>	
Кластеризация учебного контента и построение сетевой модели изучаемой предметной области.....	305
<i>Давлеткиреева Л.З., Назарова О.Б.</i>	
Анализ и обоснование категорий сопровождения сложных программных средств для жизненного цикла ИКТ-насыщенной среды вуза	312
<i>Васекин С.В., Ковалев Е.Е.</i>	
Перспективы развитие ИТ-образования на факультете точных наук и инновационных технологий МГГУ им. М.А. Шолохова.....	320
<i>Макашова В.Н., Чернова Е.В.</i>	
Информационные технологии как фактор распространения идей киберэкстремизма в молодежной среде.....	328
<i>Крыжановская Ю.А.</i>	
Методическое обеспечение курса «Информационная безопасность» для направления «Бизнес-информатика».....	336
СЕКЦИЯ 4. ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИЛОЖЕНИЙ.....	342
<i>Романов В.Ю.</i>	
Моделирование и верификация архитектуры программного обеспечения, разработанного на языке Java.....	343
<i>Ромасевич Е.П., Ромасевич П.В.</i>	
Исследование процесса потери пакетов при переходе сети MetroEthernet смешанной архитектуры на протокол IPv6	349
<i>Фёдоров И.Г.</i>	
Метод выявления ошибок в модели бизнес-процесса с использованием сетей Петри.....	363
<i>Бахусова Е.В.</i>	
Методы поддержки принятия решений на основе нечеткой математики.....	371
<i>Евсюков А.А.</i>	
Применение технологии OLAP для построения тематических карт.....	377
<i>Казенников А.О.</i>	
Алгоритм автоматического извлечения полей данных из сообщений новостного потока.....	385
<i>Намиот Д.Е., Колосова А.И.</i>	
Определение владельца мобильного телефона	395
<i>Перцев П.Ю., Зубарева Е.В.</i>	
Профилирование и оптимизация кода приложения для построения поверхности функции двух переменных на языке Python.....	402
<i>Пивнева С. В., Твердохлебов А. Я.</i>	

Модель системы сбора и обработки экспериментальных данных для проведения стендовых испытаний двигателя внутреннего сгорания.....	409
<i>Хританков А.С.</i>	
Сценарная оценка возможных архитектурных изменений на примере одного класса программ анализа данных.....	415
<i>Сбоев А.Г., Рыбка Р.Б., Иванов И. И., Гудовских Д.В., Молошников И.А., Кукин К.А., Власов Д.С.</i>	
Модель системы синтаксического анализа текстов естественного языка на основе статистически отобранных наборов параметров слов.....	422
Модель системы синтаксического разбора на основе нейронных сетей SRN и RAAM.....	423
<i>Сбоев А.Г., Гудовских Д.В., Молошников И.А., Кукин К.А., Рыбка Р.Б., Иванов И. И., Власов Д.С.</i>	
Автоматическое выделение психолингвистических характеристик текстов в рамках концепции Big Data.....	433
<i>Гребенюк В.М.</i>	
О подходе к формированию комплекса мер и активностей по обеспечению качества сложных информационных систем.....	439
<i>Губина Т.Н., Калабин А.М.</i>	
Программная реализация и введение в эксплуатацию веб-приложения «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений».....	448
СЕКЦИЯ 5. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ	455
<i>Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Онуфриенко В.В., Фадин А.Г.</i>	
Методика аналитического и имитационного моделирования дискретных однородных марковских цепей с использованием MathCAD.....	456
<i>Гудкова И.А., Острикова Д.Ю.</i>	
Анализ среднего времени недоступности услуги пользователю сети LTE с ненадежной базовой станцией.....	463
<i>Ермаков Е.Ю.</i>	
Математическая модель времени выполнения запроса в параллельном колоночном хранилище данных и пример ее использования.....	469
<i>Панюкова Т.А.</i>	
Построение эйлеровых циклов с упорядоченным охватыванием как математическая модель решения задачи раскроя	479
<i>Власов Д. В.</i>	
Информация, признаки понятий и познающий субъект.....	488
<i>Северин П.А., Гольчевский Ю.В.</i>	
Анализ проектов разработки программных продуктов с применением метрик динамики на основе расчета «кодовой карты» проекта.....	493
<i>Таланова М.О.</i>	
Анализ простейшей модели порогового управления перегрузками SIP-сервера	499
СЕКЦИЯ 6. НАУЧНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ	505
<i>Васильев В.Н., Осипов В.П.</i>	
Об актуальных задачах и рациональной концепции прикладного моделирования транспортных систем.....	506

Васильев А.Н., Тархов Д.А.

Нейросетевые алгоритмы математического моделирования сложных систем с помощью вычислительных комплексов сверхвысокой производительности....518

Васильев А.Н., Тархов Д.А.

Нейросетевой подход к созданию иерархических систем оценки влияния транспортной инфраструктуры на окружающую среду.....525

Романова А.Г., Тархов Д.А., Шемякина Т.А.

О применении нейросетевых моделей в экологии.....534

Рунова Л.П.

Эконометрическое моделирование экономики региона с помощью путевого анализа в пакете STATISTICA.....540

Семененко М.Г.

Разработка приложений нечеткой логики в системе Mathematica.....547

Афанасьевский Л.Б., Горин А.Н., Онуфриенко В.В.

Идентификация модели динамики в условиях возмущений, коррелированных во времени551

Скрипачев В.О., Назаренко А.С., Полушковский Ю.А.

Программное обеспечение обработки данных VLF-сигналов для мониторинга ионосферы.....557

Скрипачев В.О., Яковлев О.В.

Использование информационных ресурсов глобальных навигационных спутниковых систем для мониторинга ионосферы.....562

Толстоуцкий В.Ю., Кузенкова Г.В.

Обучение применению электронной криминалистической характеристики убийств в ходе занятий на криминалистическом полигоне.....567

Юмагулов М. Г., Беликова О.Н., Исанбаева Н.Р.

Применение систем компьютерной математики в задачах небесной механики576

Митюков В.В.

Универсальное моделирование дискретно заданных множеств непрерывными зависимостями582

Лавренюк Ю.А., Баженова Т.В.

К расчету термодинамических и газодинамических параметров воздуха за ударной волной588

СЕКЦИЯ 7. ШКОЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПО ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ594

Вьюга Е.Н.

Экспертная система «Электронный сборник упражнений по основам элементарной логики».....595

Дженджер В.О., Денисова Л.В.

Enchanting: от программирования в Scratch к программированию роботов.....602

Сухомлин В.А.

Ежегодный интернет-конкурс «Страница семейной славы» как среда поддержки деятельности педагогике в сфере патриотического воспитания школьников609

СЕКЦИЯ 8. ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ГРИД-ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ.....616

<i>Бессмертный И.А., Каримов А.Т., Новоселов А.О., Нугуманова А.Б.</i>	
Реализация алгоритма извлечения ключевых слов из текстов предметной области на основе модели MapReduce.....	617
<i>Колпаков Р. М., Храпов Н. П.</i>	
Изучение периодических структур в произвольных символьных последовательностях на грид-системах из персональных компьютеров.....	625
<i>Тянь Бо</i>	
BNBTEST — реализация методов ветвей и границ на платформе BOINC.....	630
<i>Ширяев М.В., Марценюк М.А.</i>	
Расчет поля системы заряженных тел в вакууме с использованием GPU.....	633
<i>Си Ту Тант Син</i>	
Параллельные и последовательные варианты метода динамического программирования	641
СЕКЦИЯ 9. ИННОВАЦИОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	647
<i>Сухомлин В.А., Давлеткиреева Л.З.</i>	
Обзор трудов III Международной Интернет-конференции «Инновационные информационно-педагогические технологии в системе IT-образования – 2013»..	648
СЕКЦИЯ 10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	672
<i>Веремей Е.И., Еремеев В.В.</i>	
Синтез Н-оптимальных цифровых систем с учетом модальных требований.....	673
<i>Абруков В.С., Кожин А.Ю., Троешестова Д.А., Петрова М.В., Ануфриева Д.А.</i>	
Возможности методов интеллектуального анализа данных при моделировании образовательного процесса в вузе и разработке систем поддержки принятия решений.....	682
<i>Бондаренко М.А.</i>	
Применение виртуальных моделей местности в системах навигации летательных аппаратов.....	689
<i>Ведякова А.О.</i>	
Идентификация математической модели судна с использованием нейронной сети при учете внешних возмущений.....	698
<i>Вэй Ян Лвин</i>	
Исследование устойчивости системы управления беспилотным летательным аппаратом алгебраическими методами.....	706
<i>Лепихин Т.А.</i>	
Использование мобильных роботов в учебном процессе.....	716
<i>Никифоров О.Ю., Никифорова Е.И.</i>	
Структура и показатели качества работы автоматизированной системы управления кадровыми ресурсами органов государственной власти.....	723
<i>Смирнов М.Н.</i>	
Использование современных информационных технологий для моделирования системы управления шаром на подвижной направляющей	728
<i>Смирнова М.А.</i>	
Программный комплекс цифрового управления роботом, имитирующим башню танка	733
<i>Тайк Аунг Чжо</i>	

Методика определения реального быстродействия информационных обменов в распределенных системах управления энергообъектами.....	738
СЕКЦИЯ 11. БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ	744
<i>Белостоцкий А.А.</i>	
Биологические базы знаний и их применения	745
<i>Горемыкина Г.И., Герасимова Е.К.</i>	
Моделирование системы управления качеством корпоративной информационно-вычислительной сети на основе нечёткой технологии.....	747
<i>Зверков О.А.</i>	
Использование быстрых алгоритмов в задаче кластеризации последовательностей.....	757
<i>Любецкий В.А., Горбунов К.Ю.</i>	
Задачи и алгоритмы, связанные с хромосомными перестройками.....	764
<i>Рубанов Л.И.</i>	
Обработка больших данных в параллельных циклах.....	769
<i>Селиверстов А.В.</i>	
Алгоритм проверки совместимости системы двух уравнений.....	773
СЕКЦИЯ 12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ — ЭКОНОМИКА И ОБРАЗОВАНИЕ.....	775
<i>Лугачев М.И.</i>	
Предметная информатика – новая специализация для высшего профессионального образования.....	776
<i>Агиевич В.А., Гимранов Р.Д., Скрипкин К.Г.</i>	
Матрица изменений Бриниолфссона как инструмент планирования архитектуры предприятия	785
<i>Балашова Р.С.</i>	
Кадровые изменения в кредитной организации при внедрении системы управления ресурсами предприятия.....	795
<i>Середенко Е.С.</i>	
Справедливое распределение прибыли между участниками совместной деятельности.....	803
<i>Скрипкин К.Г.</i>	
От информационных технологий в учебном процессе к новой модели образования.....	812