

На правах рукописи

ЛАНГ
Яков Викторович

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ
НА БАЗЕ УЧЕБНЫХ ОБЪЕКТОВ

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень – 2011

Работа выполнена на кафедре программного обеспечения Института математики и компьютерных наук ГОУ ВПО Тюменский государственный университет

Научный руководитель:	кандидат физ.-мат. наук, профессор Захарова Ирина Гелиевна
Официальные оппоненты:	доктор физ.-мат. наук, профессор Борзых Владимир Эрнестович кандидат технических наук, доцент Семикин Виктор Алексеевич
Ведущая организация:	ГОУ ВПО «Уральский государственный экономический университет», г. Екатеринбург

Защита диссертации состоится 11 марта 2011 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.274.14 при Тюменском государственном университете по адресу 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская, 15А, ауд. 410.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного университета.

Автореферат разослан «1» февраля 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бутакова Н. Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Автоматизация на основе применения компьютеров и вычислительных сетей – обязательное условие развития всех сфер жизни современного общества, связанных с использованием и переработкой информации. И сфера образования не является исключением.

Информатизация образования должна быть направлена, в первую очередь, на определение того, что нужно изучать в конкретных условиях, на обеспечение поиска, извлечения, передачи и представления знаний в системах дистанционного обучения.

Современная концепция открытого образования предполагает многоуровневый характер обучения, а также возможность выбора обучаемым средств, места и времени обучения, соответствующих его запросам. Это подразумевает наличие альтернативных учебных пособий (курсов) и прикладного программного обеспечения для их создания, сопровождения обучения и адаптации к конкретному обучаемому.

Другой немаловажной проблемой является снижение стоимости разработки электронных учебных курсов и расширение возможностей их использования в рамках сетевого обучения.

Одним из возможных решений данных проблем является использование электронных учебных курсов (ЭУК), построенных в соответствии с концепцией учебных объектов, согласно которой материал разбивается на части – стандартизированные учебные объекты (УО), многократно используемые при построении различных ЭУК. Проблеме автоматизации разработки и адаптации учебных курсов в рамках концепции учебных объектов посвящены работы А. Chiappe, D. Wiley, А. С. Дорофеева, И. П. Норенкова, Д. Л. Титарева и др.

В контексте данной концепции для решения проблемы адаптации образовательного процесса из многих технологий чаще всего выбирается адаптация путём построения образовательной последовательности (*последовательности обучения, последовательности учебных объектов*).

Среди существующих подходов к решению проблемы построения последовательности обучения наибольшее распространение получили подходы, использующие доменное представление предметной области и набор педагогических правил для генерации образовательных курсов (ActiveMath, АНА!, Blackboard, DCG, IDEA, БиГОР).

Однако сложность построения доменных моделей предметной области, привязка учебных объектов к структуре знаний, а также использование специфичных, не стандартизированных решений для представления контента приводят к невозможности по-настоящему полно использовать такие преимущества концепции учебных объектов, как интероперабельность и возможность многократного использования.

Кроме того, несмотря на наличие автоматизированных средств, позволяющих упростить разработку педагогических правил, невозможно сгенерировать правила, подходящие для любой ситуации. Это ведёт к возникновению различных проблем в процессе построения образовательных последовательностей, например, к появлению так называемых концептуальных «дыр».

Эти и другие причины приводят к проблеме усовершенствования существующих подходов в направлении, например, генерации всех возможных последовательностей обучения вместо использования предопределённых правил (P. Karampiperis, D. Sampson) или разработки новых подходов, позволяющих использовать стандартизированные и независимые от предметной области учебные объекты (L.de-Marcos). Однако эти подходы также не лишены недостатков: не реализовано многоуровневое представление знаний, используется доменная модель предметной области с привязкой к ней УО и прочее.

Вышесказанное определяет актуальность дополнительных исследований в области построения адаптивных учебных курсов на основе учебных объектов.

Актуальность работы также обусловлена связью темы исследования с планом научных исследований ТюмГУ на 2009-2013 годы по направлению «Математическое моделирование и программная реализация адаптивных систем управления обучением».

Цель работы состоит в совершенствовании технологий создания электронных учебных курсов на базе учебных объектов путём математического моделирования учебного курса, учебного объекта и профиля обучаемого, а также алгоритмов, позволяющих реализовать идею многократного использования УО в рамках различных курсов, идею многоуровневого представления знаний и адаптивного построения образовательных последовательностей.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- исследование существующих подходов к адаптивному построению ЭУК;
- математическое моделирование учебного курса, учебного объекта, а также профиля обучаемого и разработка алгоритмов, позволяющих реализовать идею многократного использования УО в рамках различных курсов, идею многоуровневого представления знаний и адаптивного построения образовательных последовательностей;
- проектирование и разработка программного комплекса для хранения и обработки учебных объектов с возможностью адаптивной генерации ЭУК;
- апробация предложенных методов математического моделирования и технологий в процессе формирования ЭУК.

Объектом исследования диссертационной работы является адаптация учебных курсов путем формирования образовательных последовательностей в соответствии с профилем обучаемого.

Предмет исследования – математическое моделирование и алгоритмы формирования адаптивных образовательных последовательностей в рамках ЭУК на базе учебных объектов.

Методы исследования. При проведении исследования использовались методы математического моделирования, теории множеств, методы оптимизации, дискретная математика. Для разработки и проектирования программного комплекса применялись методы объектно-ориентированного программирования и анализа, системный анализ, а также реляционная теория баз данных.

На защиту выносятся:

- метод математического моделирования учебного объекта, учебного курса и профиля обучаемого, позволяющий реализовать идею многократного использования учебных объектов, возможность многоуровневого представления знаний и адаптивную генерацию образовательной последовательности в рамках электронных учебных курсов на базе учебных объектов;
- алгоритм генерации образовательной последовательности, оптимально соответствующей заданной учебной цели, начальным знаниям обучаемого и предпочтениям по представлению учебного материала;
- программный комплекс, основанный на информационной и функциональной моделях системы формирования адаптивных образовательных последовательностей, предназначенный для хранения и обработки учебных объектов и профилей обучаемых и обеспечивающий реализацию предложенного подхода к моделированию учебного объекта и алгоритмов генерации образовательной последовательности.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования отражены в следующих результатах:

- предложен метод математического моделирования учебного объекта, в рамках которого для характеристики учебного объекта введены следующие новые, по сравнению со стандартными, атрибуты: множество входных и выходных понятий, уровень их усвоения и изложения соответственно, педагогические и технические характеристики;
- разработана математическая модель профиля обучаемого, позволяющая учесть его предпочтения по представлению учебного материала, знания и цель обучения;
- предложен алгоритм генерации оптимальной индивидуализированной образовательной последовательности из набора учебных объектов.

Практическая значимость работы состоит в разработке на основе предложенного подхода к математическому моделированию и алгоритмов программного комплекса в виде web-ориентированной системы, включающей в себя базу знаний, репозиторий учебных объектов и реализующей алгоритмы построения адаптивных образовательных последовательностей.

Система предоставляет возможности по управлению учебными объектами, профилями обучаемых, генерации адаптивных ЭУК и выгрузки их в стандартизированном формате для последующего обучения в рамках совместимых со стандартом систем дистанционного обучения.

Реализация и внедрение результатов работы. В рамках разработанной системы создан учебный курс по направлению «Программирование на языке C#» с возможностью адаптации по сложности материала, времени обучения и иным предпочтениям обучаемого.

Апробация работы:

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: XXII Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (Псков, 2009); Вторая научно-практическая конференция молодых ученых «Современные проблемы математического и информационного моделирования. Перспективы разработки внедрения инновационных IT-решений» (Тюмень, 2009); Третья региональная конференция «Современные проблемы математического и информационного моделирования. Перспективы разработки и внедрения инновационных IT-решений» (Тюмень, 2010); Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы математики, механики, информатики» (Пермь, 2010); Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ в области технологий электронного обучения в образовательном процессе (Белгород, 2010); научных семинарах Лаборатории мультимедиа и Института математики и компьютерных наук ТюмГУ.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 9 печатных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, включающего 119 наименований, и приложений. Общий объём работы составляет 117 страниц, в том числе 15 рисунков, 17 таблиц, 4 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость, перечислены основные результаты работы.

Первая глава носит обзорный характер. В этой главе проанализированы существующие технологии и подходы к адаптации образовательного процесса. Рассмотрены классы информационных систем, обеспечивающих возможности по внедрению различных методов адаптации.

В основе таких систем лежит концепция представления содержания обучения как совокупности многократно используемых учебных объектов со своей целевой аудиторией и определенным контекстом использования.

В соответствии с концепцией, учебный материал разбивается на части - объекты. В результате происходит переход от больших негибких курсов к многократно используемым отдельным объектам обучения. Исследование учебных объектов и способов их применения рассмотрено в работах D. Wiley, A. Chiappe, Д. Л. Титарева и др.

Объектный подход позволяет реализовывать в рамках систем дистанционного образования различные возможности для поддержки высокого уровня адаптации и интеграции с обучаемым. Проблеме адаптации учебного материала к различным группам обучаемых посвящены работы П. Брусиловского, Л. В. Зайцевой, И. П. Норенкова и других учёных. Часть выработанных подходов к решению проблемы адаптации реализована в виде адаптивных обучающих систем, таких как ActiveMath, DCG, IDEA, БиГОР и т.д.

В главе проанализированы основные подходы к построению адаптивных систем дистанционного образования, базирующихся на концепции учебных объектов; сформулирован ряд проблем, возникающих при их реализации.

Выделены следующие общие особенности данных подходов:

1. Привязка к области знаний: основа представления знаний – доменная модель – граф, представляющий структуру знаний о предметной области в виде связанных различными отношениями концептов; модель учебных материалов – образовательные ресурсы, связанные с определёнными концептами из доменной модели.

2. Модель пользователя – информация об обучаемом: уровень подготовки пользователя, его предпочтения и другие сведения.

3. Модель адаптации – содержит правила, описывающие порядок выбора концептов из доменной модели, порядок выбора связанного с

концептами контента из модели учебных материалов и порядок их предоставления пользователю.

Сложность построения доменных моделей предметной области, привязка учебных объектов к структуре знаний, а также использование специфичных, не стандартизированных решений для представления контента делает затруднительной реализацию идеи многократного использования учебных объектов и их интероперабельности. Кроме того, несмотря на наличие автоматизированных средств, позволяющих упростить разработку педагогических правил, невозможно сгенерировать правила, подходящие для любой ситуации. Это ведёт к возникновению различных проблем в процессе построения образовательных последовательностей. Например, даже если подходящий учебный объект есть в базе учебных материалов, конфликт двух правил или отсутствие необходимого правила приводит к тому, что данный учебный объект не будет использован в процессе обучения. Как результат – требуемые концепты не будут освоены.

Эти и другие причины приводят к проблеме усовершенствования существующих подходов или разработки новых.

Вышесказанное определяет актуальность дополнительных исследований в области построения адаптивных учебных курсов на основе учебных объектов.

Во второй главе формализуется проблема построения адаптивных учебных курсов; излагается предлагаемый подход к математическому моделированию учебного объекта, учебного курса, профиля обучаемого; приводится алгоритм выбора оптимальной образовательной траектории.

Под учебным объектом в работе понимается цифровой ресурс, который может быть использован для поддержки обучения, обладающий следующими особенностями:

- автономность – каждый учебный объект может быть использован независимо;

- возможность повторного использования – каждый учебный объект может быть использован во множестве контекстов для множества целей;
- возможность совместного использования – учебные объекты могут быть сгруппированы в большие коллекции контента, например, в традиционные курсы.

Перечисленные особенности накладывают определённые ограничения на моделирование УО. Автономность, возможность повторного и совместного использования предполагают наличие характеристики, позволяющей определить место учебного объекта в какой-либо предметной области и его отношение к другим учебным объектам, а основной принцип объектного подхода (объект полностью отвечает за решение поставленной перед ним задачи в условиях применения его в соответствующем контексте) требует независимости этой характеристики от внешних данных, таких как, например, доменная модель или педагогическая структура области знаний.

По мнению автора, такой характеристикой могут выступить понятия/концепты, на изучение которых направлен учебный объект.

Данный выбор обусловлен тем, что понятийная модель – основной способ представления знаний о предметной области в современном электронном образовании (Н. П. Вагин, И. В. Гулидова, С. В. Мальцев). Поэтому рассмотрение учебного объекта как совокупности понятий в нём изучаемых, вкупе с понятиями, требуемыми для его изучения, позволит определить место учебного объекта среди других учебных объектов, сохранив при этом его автономность.

Определение 1. Понятие – познавательная единица смысла – абстрактная идея или мысленный символ, определяемый так же, как «единица знаний».

Применительно к образованию под понятием будем подразумевать термин, явление, процесс, теорему, определение, факт и др.

Определим набор входных понятий $D^{in} = \{d_1^{in}, d_2^{in}, \dots, d_k^{in}\}$ некоторого учебного объекта L , как множество концептов, знание которых требуется для изучения данного УО. Аналогично определим набор выходных понятий $D^{out} = \{d_1^{out}, d_2^{out}, \dots, d_m^{out}\}$, как множество концептов, знания о которых приобретаются в результате изучения учебного объекта L .

Индивидуализация и адаптация обучения вкупе с его многоуровневым характером предполагает наличие учебных объектов, направленных на различные уровни начальной подготовки обучаемых и на различный целевой уровень подготовки.

Такую дифференциацию учебного материала принято характеризовать уровнем усвоения и уровнем изложения соответственно.

Для решения задачи дифференциации учебных объектов определим функцию $P: D^{in} \rightarrow [0,1]$, ставящую в соответствие каждому входному понятию требуемый нормированный уровень усвоения, на котором обучаемый должен освоить понятие, чтобы иметь возможность изучать учебный объект L . Определим также функцию $G: D^{out} \rightarrow [0,1]$, ставящую в соответствие каждому выходному понятию нормированный уровень изложения данного понятия в учебном объекте L .

Положим также, что уровень усвоения понятий D^{out} после изучения учебного объекта L однозначно определяется уровнем их изложения в данном объекте.

Очевидно, что можно ввести дополнительный атрибут – показатель сложности учебного объекта – функцию $z_L = z(P_L, G_L)$, и, соответственно, время, необходимое для его изучения – $t_L = t(z_L)$.

К перечисленным выше характеристикам, следует добавить так же дополнительные атрибуты, позволяющие учесть технические возможности (например, предполагаемый способ доставки учебных объектов) и предпочтения обучаемых по представлению учебного материала.

К таким атрибутам можно отнести размер учебного объекта, уровень интерактивности, семантическую плотность.

Обозначим множество дополнительных атрибутов через $O = \{s, i, p\}$, где s – размер УО, i – уровень интерактивности, p – семантическая плотность.

Таким образом, модель учебного объекта представляет собой кортеж

$$L = \langle D^{in}, P, D^{out}, G, z, t, O \rangle.$$

Такое представление учебного объекта позволяет добиться независимости УО от предметной области, от других УО, а также реализовать принцип многоуровневого представления знаний.

Предпочтения обучаемого, его уровень знаний и учебная цель представлены в виде модели профиля обучаемого:

$$U = \langle D^{uk}, K, D^{ug}, G_u, P_u \rangle$$

Здесь D^{uk} – множество изученных обучаемым понятий; K – функция ($K: D^{uk} \rightarrow [0,1]$), ставящая в соответствие каждому понятию из D^{uk} нормированный показатель уровня его усвоения обучаемым; D^{ug} – множество целевых понятий; G_u – функция ($G_u: D^{ug} \rightarrow [0,1]$), выражающая целевой уровень усвоения целевых понятий; $P_u = \{z_u, z_u^*, t_u, s_u^*, i_u, i_u^*, p_u, p_u^*\}$ – множество предпочтений обучаемого по особенностям подачи материала, где z_u – предпочтение по сложности учебного материала (УМ), z_u^* – важность предпочтения по сложности, t_u – ограничение на длительность УМ, s_u^* – важность минимизации размера УМ, i_u – предпочтения по уровню интерактивности УМ, i_u^* – важность предпочтения по уровню интерактивности, p_u – предпочтения по уровню семантической плотности УМ, p_u^* – важность предпочтения по уровню семантической плотности.

Такое представление позволит определить начальную (знания обучаемого, D^{uk} и K) и конечную (цель, D^{ug} и G_u) точки генерируемой последовательности обучения, а также включить в эту последовательность учебные объекты, наиболее соответствующие индивидуальным особенностям пользователя (предпочтения, P_u).

Модель учебного курса определяет цель обучения, последовательность изучения учебных объектов и требования к начальным знаниям:

$$C = \langle P_c, G_c, T \rangle,$$

где $P_c = \langle D^p, F^p \rangle$ - требования к начальным знаниям (D^p – множество понятий, знание которых требуется для изучения УК, $F^p: D^p \rightarrow [0,1]$ – функция, определяющая требуемый уровень усвоения понятий из D^p); $G_c = \langle D^g, F^g \rangle$ - цель обучения - определяется набором целевых понятий D^g , на изучение которых направлен учебный курс и функцией $F^g: D^g \rightarrow [0,1]$, значения которой определяют уровень изложения понятий D^g в рамках курса; $T = \langle L, R \rangle$ - последовательность обучения в виде ориентированного ациклического графа, где $L = \{L_1, L_2, \dots, L_n\}$ – множество учебных объектов, входящих в курс, $R \subset L \times L$ – связи между ними.

Такое представление соответствует стандарту SCROM Sequencing&Navigation, поэтому учебный курс, создаваемый на основе данной модели, может быть сохранен и использован в любой системе управления обучением, поддерживающей стандарт SCORM.

На основании предложенного подхода возможно решение следующей задачи: имеется набор учебных объектов $L_s = \{L_1, L_2, \dots, L_k\}$, заданы цель обучения, текущие знания, предпочтения и ограничения в виде профиля пользователя U , требуется сформировать учебный курс C , направленный на достижение цели обучения и отвечающий заданным требованиям и ограничениям.

Для решения задачи в работе описан алгоритм формирования индивидуальной образовательной последовательности, включающий в себя: формирование «покрытия» цели обучения учебными объектами; упорядочивание отобранных учебных объектов, результатом которого является граф учебных объектов; выбор оптимальной последовательности – решение задачи многокритериальной оптимизации методом анализа иерархий с использованием 4-х частных критериев, разделенных на 2 группы.

Для реализации алгоритма определим некоторые операции с учебными объектами.

Пусть имеется учебный объект $L = \langle D^{in}, P, D^{out}, G, z, t, O \rangle$, данные о текущих знаниях $S = \langle D^{uk}, K \rangle$ и цели обучения $F = \langle D^{ug}, G_u \rangle$.

Тогда, можно говорить, что:

1. учебный объект L направлен на достижение цели обучения F ($L \rightarrow F$), если

$$G(d_i) \leq G_u(d_i), \forall d_i \in D^{out} \cap D^{ug}$$

2. учебный объект L может быть изучен при текущем уровне знаний S ($L \subseteq S$), если

$$P(d_i) \leq K(d_i), \forall d_i \in D^{in},$$

т.е. все входы учебного объекта L определены в текущих знаниях.

Если $L \subseteq S$ уровень знаний, достигаемый после изучения учебного объекта L , будем выражать так (обозначим за \cup операцию изучения УО):

$$S' = S \cup L = \langle D^{uk'}, K' \rangle,$$

$$D^{uk'} = D^{uk} \cup D^{out}, K'(d_i) = \max(K(d_i), G(d_i)), d_i \in D^{uk'}$$

Введём также т.н. коэффициент новизны, отражающий количество новых знаний, которые можно получить, изучив учебный объект L при текущем уровне знаний S :

$$nk = nk(S, L) = \sum_i (K'(d_i) - K(d_i)), d_i \in D^{uk'}$$

С учетом введенных операций первый этап алгоритма – формирование покрытия – может быть представлен в виде блок-схемы, как показано на рис. 1.

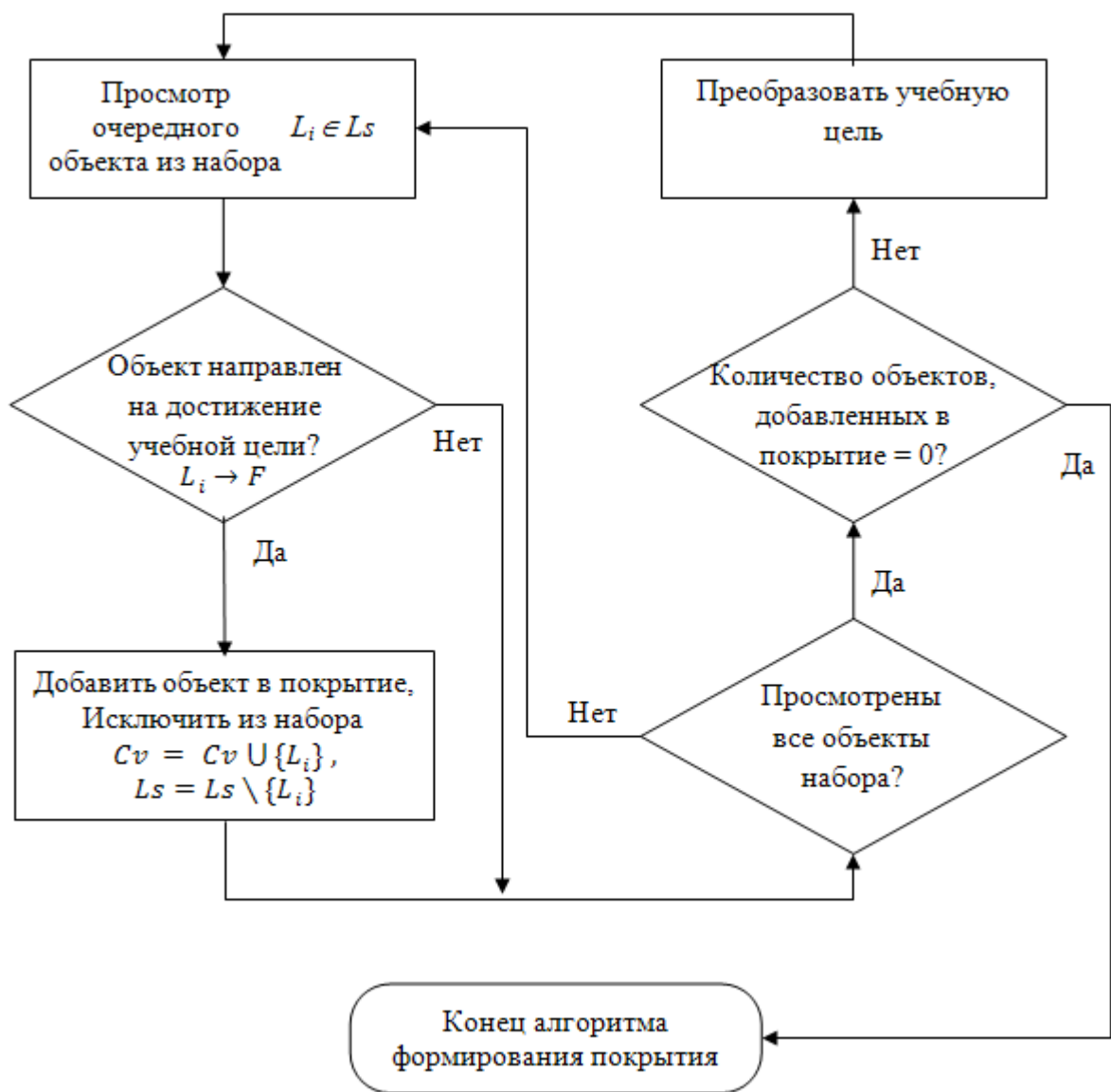


Рис. 1. Алгоритм формирования покрытия

Здесь под преобразованием учебной цели понимается включение в неё понятий, которые требуются для изучения учебных объектов, входящих в покрытие:

$$F = \langle D^{ug'}, G'_u \rangle$$

$$D^{ug'} = D^{ug} \cup (\cup D_{L_j}^{in})$$

$$G'_u = \max(G_u, \max_j(P_{L_j})), j = 1..N,$$

где N - количество объектов, включенных в покрытие.

Задача второго этапа алгоритма - построить все возможные последовательности из отобранных учебных объектов, упорядочив их так, чтобы изучение понятий из числа входных предшествовало изучению

выходных понятий любого учебного объекта. Приведём реализацию алгоритма на псевдоязыке:

```

Procedure Arrange(Cv, S, F)
     $G = G \langle V = \{ \langle 0, S \rangle, \langle 1, F \rangle \}, R = \{ \} \rangle;$ 
     $k = 1;$ 
    Make_path(Cv, S, 0);
end;
Procedure Make_path(CLs, Cs, Cn)
    if  $Cs = F$  then
         $R = R \cup \langle Cn, 1 \rangle;$ 
        exit;
    end;
     $Ls = \{ \};$ 
    for  $L_i \in CLs$  do
        if  $L_i \subseteq Cs$  and  $nk(Cs, L_i) > 0$  then
             $Ls = Ls \cup \{L_i\};$ 
        end;
    end;
    if  $|Ls| = 0$  then exit; end;
    for  $L_j \in Ls$  do
         $k = k + 1;$ 
         $V = V \cup \langle k, L_j \rangle;$ 
         $R = R \cup \langle Cn, k \rangle;$ 
        Make_path( $CLs \setminus L_j$ ,  $Cs \cup L_j$ ,  $k$ );
    end;
end;

```

Последний этап – выбор оптимальной образовательной траектории.

Определение 2. Образовательной траекторией T будем называть последовательность учебных объектов S, L_1, \dots, L_n, F , для которой в графе G существуют ребра $S \rightarrow L_1, L_1 \rightarrow L_2, \dots, L_n \rightarrow F$.

Задача выбора оптимальной траектории с учётом предпочтений пользователей может быть решена, как задача многокритериальной оптимизации.

В качестве частных критериев оптимальности будут выступать:

1. Соответствие сложности образовательной траектории предпочтениям пользователя:

$$f_1(T) = |z - z_u| \quad (1)$$

2. Соответствие по семантической плотности:

$$f_2(T) = |p - p_u| \quad (2)$$

3. Соответствие по уровню интерактивности:

$$f_3(T) = |i - i_u| \quad (3)$$

4. Физический объем:

$$f_4(T) = s \quad (4)$$

При этом образовательная траектория должна удовлетворять ограничению по продолжительности:

$$t \leq t_u$$

Здесь z – усредненная сложность учебных объектов, входящих в траекторию; p – усреднённая семантическая плотность; i – усредненный уровень интерактивности; s – суммарная сложность; t – суммарное время.

Разделив выделенные частные критерии оптимальности на педагогические и технические, построим 4-х уровневую иерархию (рис. 2).

Приоритеты частных критериев соответствуют предпочтениям пользователя. Приоритет педагогических и технических категорий устанавливается экспертом. Сумма приоритетов по уровню равняется 1:

$$\begin{cases} P_p + P_t = 1 \\ z_u^* + i_u^* + p_u^* + s_u^* = 1 \end{cases}$$

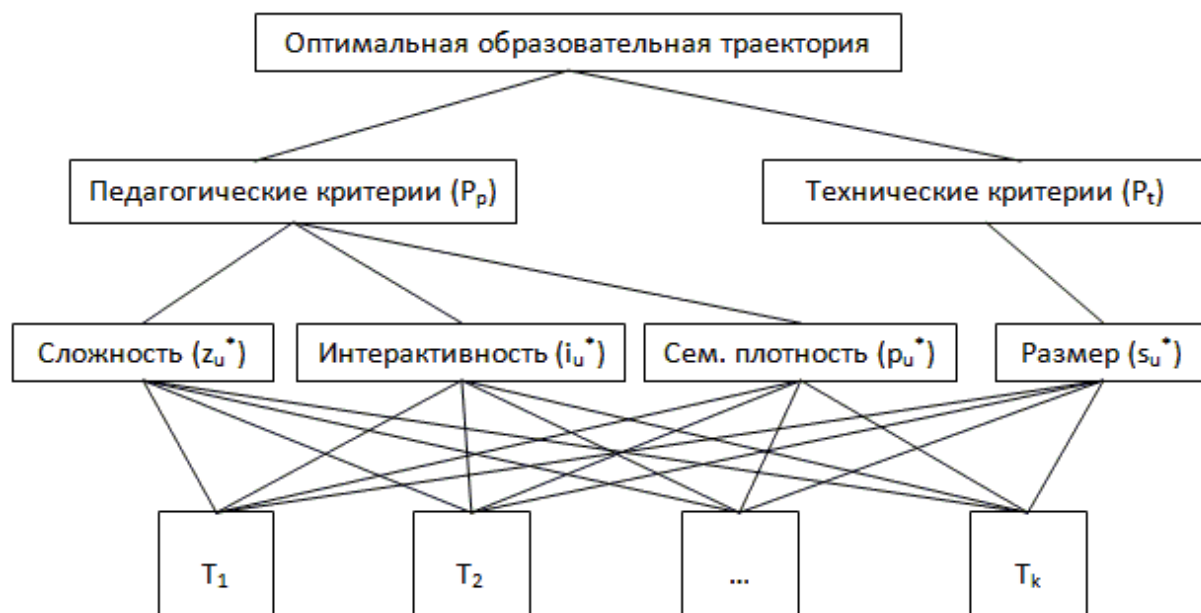


Рис. 2. Иерархия выбора оптимальной образовательной траектории

Для получения оценок образовательных траекторий составим матрицы парных сравнений альтернатив по критериям (1)-(4):

$$A_k = \begin{pmatrix} 1 & w_{k1}/w_{k2} & \dots & w_{k1}/w_{kK} \\ w_{k2}/w_{k1} & 1 & \dots & w_{k2}/w_{kK} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{kK}/w_{k1} & w_{kK}/w_{k2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

$w_{kj} = f_k(T_j)$ – вес критерия k альтернативы T_j

$k = 1..4$

K – количество альтернатив

Матрица A_k является положительно определенной, обратносимметричной матрицей, имеющей ранг равный 1.

Чтобы найти вектор оценок $\omega_k = \{\omega_{k1}, \omega_{k2}, \dots, \omega_{kK}\}$ альтернатив по каждому критерию, нормализуем матрицу A_k , поделив каждый элемент матрицы на сумму элементов его столбца.

Оценка j -той альтернативы находится как среднее арифметическое по строкам.

Общую оценку альтернативы получаем в виде линейной комбинации вектора оценок по частным критериям и соответствующих приоритетов:

$$O(T_j) = P_p (\omega_{1j} z_u^* + \omega_{2j} i_u^* + \omega_{3j} p_u^*) + P_t (\omega_{4j} s_u^*)$$

Т.к. оптимальный вариант соответствует минимальным значениям критериев (1)-(4), в качестве решения выбирается альтернатива с минимальной оценкой:

$$T_{opt} = T: O(T) = \min_{j=1..K} (O(T_j))$$

В третьей главе рассмотрена практическая реализация программного комплекса, предназначенного для поддержки автоматизации процесса построения адаптивных образовательных последовательностей. Комплекс представляет собой web-ориентированную систему, спроектированную в соответствии с подходом Модель-Вид-Представление.

Основные особенности системы:

1. Ориентация на работу в сети. Система обеспечивает работу в режиме «клиент-сервер» в рамках локальных вычислительных сетей и через Интернет.
2. Переносимость на различные платформы на уровне исходных кодов. Переносимость основана на использовании технологии .NET/Mono.
3. Открытость. Принцип открытости подразумевает возможность настройки системы на требования конкретного пользователя.
4. Система не является обучающей. Система не осуществляет обучение пользователей по формируемым образовательным траекториям, а предоставляет возможность экспорта траекторий в SCORM-совместимом формате.

Основной целью функционирования системы является автоматизация построения образовательных траекторий, позволяющих учесть цель обучения, начальные знания и предпочтения пользователя.

В качестве задач, решаемых системой, определены следующие:

- хранение и обработка данных о пользователях системы, учебных объектах, знаниях;
- предоставление пользователю инструментов управления системой;
- реализация алгоритма формирования адаптивных образовательных последовательностей.

Для решения поставленных задач в рамках системы выделены следующие функциональные подсистемы:

- подсистема хранения данных;
- подсистема взаимодействия с пользователем;
- управляющая подсистема.

В общем виде взаимосвязь систем и решаемые ими функции представлены в виде функциональной модели системы (рис. 3).

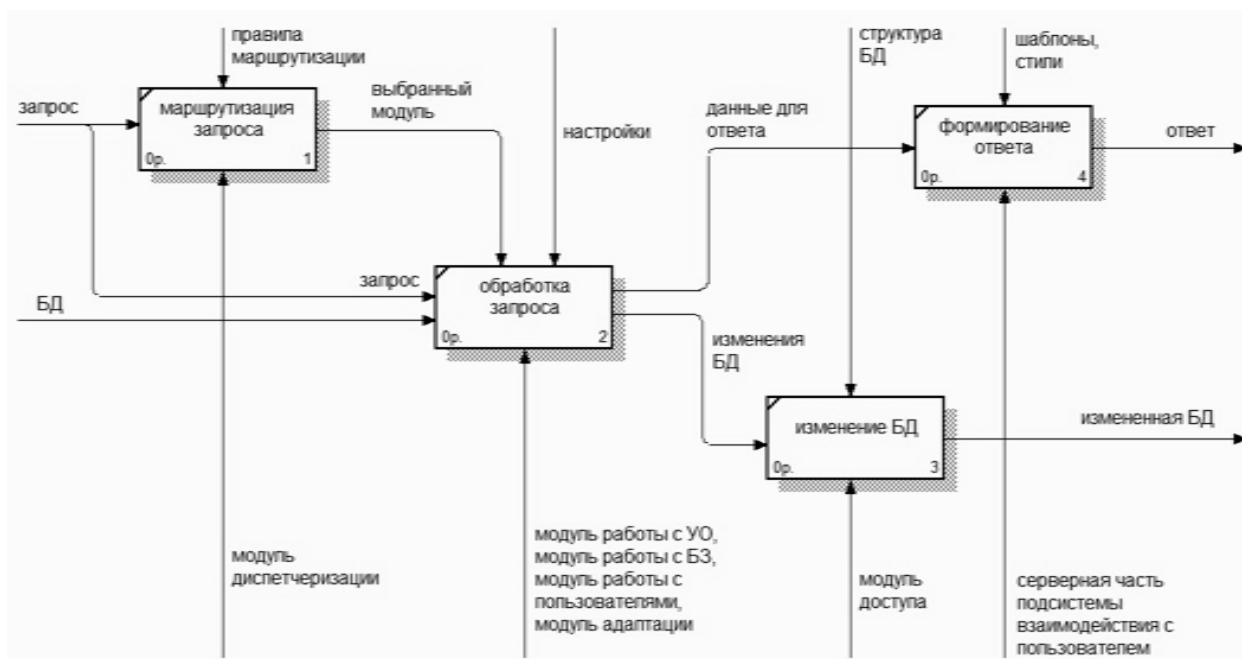


Рис. 3. Функциональная модель системы построения адаптивных образовательных последовательностей

Далее в главе на основании анализа подсистем спроектирована схема базы данных, построена объектная модель системы; приведены некоторые аспекты программной реализации.

Также в главе представлена апробация результатов работы, в рамках которой репозиторий системы наполнен учебными объектами, охарактеризованными согласно предложенному методу; созданы два профиля обучаемых, отличающиеся по цели обучения и уровню начальных знаний; произведена генерация образовательных траекторий для созданных профилей.

Рабочая версия системы размещена по адресу <http://mmlab.utmn.ru/syslt>.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- В контексте проблемы адаптации электронных учебных курсов предложен подход к построению адаптивных образовательных последовательностей, позволяющий добиться независимости от предметной области и поддержки многоуровневого представления путём расширения стандартных характеристик учебного объекта.

- Предложен метод математического моделирования учебного объекта, в рамках которого для характеристики учебного объекта введены следующие новые, по сравнению со стандартными, атрибуты: множество входных и выходных понятий, уровень их усвоения и изложения соответственно, педагогические и технические характеристики. Такой подход позволяет добиться автономности учебных объектов и реализовать идею многоуровневого обучения.

- Разработана математическая модель профиля обучаемого, позволяющая учесть его предпочтения, знания и цель обучения. Формализация модели профиля обучаемого позволяет поставить задачу поиска учебных объектов, направленных на достижение цели обучения, изучение которых возможно при текущем уровне знаний обучаемого.

- Выделены критерии, характеризующие соответствие учебного материала предпочтениям обучаемого. На основании предложенных критериев разработан алгоритм генерации оптимальной индивидуализированной образовательной последовательности из набора учебных объектов.

- Спроектирована система генерации адаптивных учебных курсов. Проведено информационное, функциональное и объектное моделирование компонентов системы.

- Выполнена программная реализация автоматизированной системы построения адаптивных учебных курсов в виде web-системы, предоставляющей удобный интерфейс управления пользовательскими характеристиками, учебными объектами и генерации образовательных последовательностей.

- Осуществлена апробация предложенных методов, моделей и алгоритмов путём генерации образовательных траекторий по направлению «Программирование на языке C#» для обучаемых с различными начальными знаниями, учебной целью и предпочтениями.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Ланг, Я. В. Разработка и создание графического интерпретатора для отображения XML-контента / Я. В. Ланг, М. С. Воробьева // Математические методы в технике и технологиях: сб. трудов XX Междунар. науч. конф. Т. 9. – Ярославль: Изд-во Ярославского гос. техн. ун-та, 2007. – С. 217-219.
2. Ланг, Я. В. Разработка интерпретатора XML-шаблонов для образовательных ресурсов модульной архитектуры / Я. В. Ланг, М. С. Воробьева // Лучшие выпускные квалификационные работы 2007 года. В 4-х частях. Ч. 4. Естественнонаучное направление. – Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2007. 248 с.
3. Ланг, Я. В. Математические модели вариативных электронных учебных курсов / Я. В. Ланг, И. Г. Захарова, Е. С. Охотникова // Вестник Тюменского государственного университета. – 2008. – №6. – С. 172-176.
4. Ланг, Я. В. Подход к формированию электронных учебных курсов / Ланг Я. В. // Математические методы в технике и технологиях: сб. трудов XXII Междунар. научн. конфер. Т. 9. – Псков: Изд-во Псков. гос. политехн. ин-та, 2009. – С. 171-173.
5. Ланг, Я. В. Модель учебного объекта. Подход к реализации / Я. В. Ланг, М. С. Воробьева // Математическое и информационное моделирование: сб. научн. трудов. Вып. 11. – Тюмень: Вектор Бук, 2009. – С. 85-92.
6. Ланг, Я. В. Математическое моделирование многоуровневых электронных учебных курсов / Я. В. Ланг, И. Г. Захарова // Математика и информатика: наука и образование: сб. науч. трудов. – Омск: Изд-во Омского гос. пед. ун-та, 2009. – С. 85-91.
7. Ланг, Я. В. Моделирование процесса построения электронных учебных курсов на основе учебных объектов / Я. В. Ланг, М. С. Воробьева // Вестник Тюменского гос. ун-та. – 2009. – №6. – С. 230-234.
8. Ланг, Я. В. Алгоритм построения электронных учебных курсов на основе учебных объектов / Я. В. Ланг // Современные проблемы математического и информационного моделирования: перспективы разработки и внедрения инновационных IT-решений: сб. трудов третьей науч.-практ. конф. – Тюмень: Вектор Бук, 2010. – С. 155-158.
9. Ланг, Я. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010614167 «Система обработки и хранения учебных объектов» от 24.06.2010.