

На правах рукописи

ГИЛЬМАНОВ

Александр Сергеевич

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ
ГИБРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОСТАВКИ КОНТЕНТА В ЭЛЕКТРОННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тюмень - 2009

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
доктор технических наук, профессор
- Официальные оппоненты:** **Глухих Игорь Николаевич**
кандидат физ.-мат. наук, доцент
Захаров Сергей Дмитриевич
- Ведущая организация:** Учреждение Ханты-Мансийского АО
«Югорский научно-исследовательский
институт информационных
технологий», г. Ханты-Мансийск

Защита диссертации состоится 25 июня 2010 в 16 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 «24» мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н. Н. Бутакова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Web-ориентированные информационные системы (ИС) в настоящее время получили широчайшее распространение, так как они позволяют добиться максимальной эффективности при автоматизации практически любых процессов. Одной из основных современных тенденций в практике работы с ИС является активное внедрение мобильных устройств различного рода и применение их наравне со стационарными компьютерами. Платформы мобильных устройств позволяют выполнять множество функций, однако, особенности аппаратного и программного обеспечения на таких устройствах накладывают большое количество ограничений на формат контента; к тому же мобильные каналы передачи данных имеют низкую пропускную способность при высокой стоимости трафика. Очевидно, что при использовании мобильных устройств в рамках распределенных ИС необходима адаптация передаваемого контента к устройствам.

Гибридные технологии доставки контента – совокупность методов, обеспечивающих: 1) возможность унифицированного доступа к ресурсам ИС при помощи любых устройств и каналов связи; 2) подбор и адаптацию контента к предпочтениям пользователей и к техническим особенностям устройств.

Мобильные технологии в образовательных системах – одно из текущих направлений развития электронного образования (eLearning). Процесс обучения с использованием мобильных технологий, или мобильное образование (mLearning) определяется, как "любой вид обучения, при котором обучаемый использует возможности, предлагаемые мобильными технологиями" (консорциум MOBIlearn).

Для эффективного использования гибридных технологий в образовательных ИС необходим определенный подход к оптимизации структуры материала, что требует разработки и исследования информационных и математических моделей структуры контента.

В настоящее время подходы к построению подобных систем описаны в работах В. А. Куклева, С. Д. Кувшинова, Д. Чарчилля, Д. Хэдберга, П. Саломони, С. Мирри, С. Феррети, М. Роччетти и др. Однако, открытыми остаются вопросы, связанные с форматом представления образовательных ресурсов. Большинство описываемых систем являются сервисно-ориентированными, т. е., предлагающими различные сервисы в зависимости от типа устройства. Данный подход не реализует адаптацию учебного контента к предпочтениям пользователя в полной мере. В тех системах, где учебный контент подбирается в соответствии с пользовательским устройством, не учитываются семантические характеристики материала.

Таким образом, проблема исследования и поиска эффективного способа применения гибридных технологий доставки контента в web-ориентированных ИС в целом, и в системах управления курсами в частности, представляется актуальной.

Целью работы является построение информационных, математических и объектных моделей учебного контента и алгоритмов подбора материала для отправки пользователю в системах управления курсами, ориентированных на гибридные технологии доставки.

Для достижения обозначенной цели в работе были поставлены следующие **задачи**:

- 1) исследование и анализ современных подходов и стандартов eLearning, mLearning;
- 2) построение информационной модели системы управления курсами с использованием гибридных технологий доставки контента; математической и объектной моделей структуры представления учебного материала и алгоритмов его отбора для доставки пользователю;
- 3) построение имитационных моделей, их программная реализация и проведение вычислительного эксперимента;

- 4) практическая проверка адекватности предложенных моделей и алгоритмов в рамках программной реализации на примере построения онлайн базы знаний.

Объектом исследования в диссертационной работе является моделирование структуры контента в системах управления курсами.

Предмет исследования – модели способов доставки образовательного контента по различным каналам связи, алгоритмы формирования адаптивных электронных курсов, гибридные технологии доставки контента.

Методы исследования – теория графов, теория множеств, дискретная математика, теория алгоритмов, методы оптимизации, теория баз данных, теория проектирования ИС, математическое моделирование, имитационное и компьютерное моделирование.

На защиту выносятся:

- 1) информационная модель системы управления курсами, базирующейся на гибридных технологиях доставки контента;
- 2) расширенная объектная модель компонентов учебного контента, основанная на стандарте IEEE LOM, дополненная набором формализованных педагогических характеристик и учитывающая показатели содержательной и структурной сложности материала, вид презентации информации, характер действий обучающегося;
- 3) математическая модель учебного контента и методы формирования пакетов контента, адаптированные к ограничениям канала связи, пользовательского устройства, предпочтениям пользователя к представлению материала, а также к целям пользователя;
- 4) программный комплекс, обеспечивающий реализацию предложенных моделей в рамках электронной обучающей системы класса eLearning 2.0.

Научная новизна и теоретическая значимость. На основе систематического рассмотрения способов хранения и доставки учебных

материалов в системе управления курсами, использующей гибридные технологии доставки контента, определены подходы к моделированию структуры учебного материала. Построена информационная модель системы управления курсами, использующей гибридные технологии доставки контента, учитывающая тип пользовательского устройства и канала связи, семантические характеристики передаваемого контента, адаптацию материала под предпочтения пользователя. Разработаны объектная и математическая модели структуры представления учебного материала, позволяющие реализовать многокритериальный поиск компонентов контента для доставки. Предложено и обосновано расширение модели метаданных учебных объектов, за счет включения характеристик, учитывающих структурную сложность, содержательность и характер презентации материала, а также характер действий обучающегося при освоении материала, что позволило реализовать сложные адаптивные алгоритмы подбора контента. Предложены алгоритмы автоматизированного подбора отправляемых пользователю ресурсов, формирования пакетов учебного контента и их оптимизации по различным критериям.

Практическая значимость работы. Разработана компьютерная модель описанной системы, позволяющая проводить имитационные эксперименты.

На основе предложенных моделей разработана система построения онлайн баз знаний использующих гибридные технологии доставки контента. На платформе созданной системы реализована база знаний «Операционные системы Windows», размещенная в Интернет по адресу <http://hybridtech.ru>. Система позволяет размещать в рамках одной темы материалы в различных форматах и различных уровней сложности; пользователю контент предоставляется в соответствии с указанными им настройками и используемым типом устройства.

Реализация и внедрение результатов работы. Предложенные алгоритмы использованы при проектировании и разработке ИС «Молодежный портал

Тюменской Области», что подтверждается соответствующим актом внедрения, выданным государственным автономным учреждением «Молодежный информационно-аналитический центр». Разработана база знаний «Операционные системы семейства Windows», размещенная в Интернет по адресу <http://hybridtech.ru>.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях и семинарах: всероссийская научно-практическая конференция «Модернизация системы профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования», г. Челябинск, 2007; международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях», г. Ярославль, 2007; международная конференция «Применение новых технологий в образовании» г. Троицк, 2008, 2009; научно-практическая конференция «Современные проблемы математического и информационного моделирования. Перспективы разработки и внедрения инновационных IT-решений» г. Тюмень, 2008, 2009, 2010; научных семинарах Института математики и компьютерных наук ТюмГУ.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 13 печатных работ, в том числе 2 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 116 наименований. Общий объем диссертации – 128 страниц, в том числе 41 иллюстрация.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе представлен анализ и обозначены основные проблемы моделирования и реализации систем eLearning, mLearning; произведен обзор современных электронных образовательных систем, представлены перспективы развития технологических решений.

Концепция eLearning 2.0 опирается на три виртуальных пространства: учебный контент, экспертные сообщества, и личное виртуальное

образовательное пространство. Базовыми модулями образовательного материала в системах eLearning 2.0 являются *учебные объекты (Learning objects)* - «любая сущность, цифровая или нет, которая может быть использована в одном и более контекстах, или на которую может быть сделана ссылка во время технологически обеспеченного обучения»¹.

Мобильное образование (mLearning) – разновидность электронного обучения, доступного отовсюду и в любое время с помощью мобильных устройств.

В настоящее время доступ к учебному материалу как с компьютеров, так и с мобильных устройств предоставляют системы: Moodle, Blackboard, A1U, ТОРУХ, Google Apps.

В системах eLearning 2.0 контент чаще всего представляется разрозненным, наполняемым несколькими разработчиками набором объектов, что создает обучающимся трудности при формировании индивидуального учебного материала по различным критериям (например: уровень сложности, формат представления, время, необходимое на изучение и др.).

Подходы к построению систем электронного и мобильного образования изучали такие исследователи как: Куклев В. А., Крук Б. И., Сигов А. С., Мордвинов В. А., Дханджал Д., Пикерсгилл Д., Шмоллер С. и др. Однако до сих пор не предложено универсального способа структурирования и адаптации больших наборов разноформатного образовательного контента; а также алгоритмов подбора объектов для доставки конкретному пользователю.

Пути решения данной проблемы можно определить на основе анализа элементов системы управления курсами и их взаимосвязи, формализации задач подсистем, выделения основных процессов и информационных потоков. Информационная модель является основой для описания элементов системы на уровне математических конструкций, выделения основных

¹ IEEE Std 1484.12.3-2005. IEEE Standard for Learning Technology – Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata

зависимостей, закономерностей и алгоритмов в соответствии с поставленными задачами, для дальнейшего анализа и модификации.

Во второй главе формализуются понятия предметной области, строятся информационная, объектная и математическая модели системы управления курсами, использующей гибридные технологии доставки контента в нескольких вариантах: без реализации адаптивного алгоритма подбора контента, система с режимом самообучения, система с динамической подстройкой.

Для описания элементов системы, не требующей реализации адаптивного алгоритма, представим ее в виде кортежа:

$$H = \langle L, U, R, M, \varphi \rangle \quad (1)$$

где L – множество учебных объектов системы, U – множество пользователей системы, R – заявки от пользователей (входы системы), M – сообщения пользователям (выходы системы), φ – алгоритм выбора учебных объектов для доставки пользователям.

Множество учебных объектов L в системе определяет представленный в ней учебный материал. Каждый учебный объект L_i характеризуется совокупностью атрибутов: $L_i = \{w, f, t, l, d\}$, где w – физический объем в МБ, f – формат объекта, t – экспертная оценка времени на изучение (продолжительности) объекта, l – экспертная оценка уровня сложности объекта, d – экспертная оценка семантической плотности объекта, т.е. степени насыщенности информацией.

Положим, что некоторая учебная тема T состоит из m сущностей e (определения, факты, понятия, и т. п.): $T = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$. Каждой сущности e путем некоторого отображения γ_e можно поставить в соответствие n_e представлений, каждое из которых является учебным объектом L : $\gamma_e: L \rightarrow \{L_1^e, L_2^e, \dots, L_{n_e}^e\}$. Учебные объекты, отражающие одну сущность группируются в подмножества – учебные альтернативы: $A^e = \{L_1^e, L_2^e, \dots, L_{n_e}^e\}$. Любое подмножество A_B^e , где $|A_B^e| \geq 1$ будем считать отражением сущности

е. Таким образом, учебная тема T представляется в системе множеством альтернатив: $T = \{A_1^T, A_2^T, \dots, A_{m_1}^T\}$. Подмножество учебных объектов S будем считать отражающим учебную тему T ($S \cong T$), если

$$\forall e_i \in T, \exists L^{e_i} \in S, (i = 1, m): L^{e_i} \cong e_i.$$

Профиль и текущая активность пользователя U_i в системе характеризуются множеством атрибутов: $U_i = \{c, l, P_{ui}\}$, где c – текущий режим подключения; l – уровень подготовки пользователя, P_{ui} – множество предпочтений пользователя по представлению контента: $P_{ui} = \{t, t^*, s, p, f, f^*, d\}$, где t – предпочтение по продолжительности материалов, t^* – важность обеспечения заданного предпочтения по продолжительности, s – важность минимизации скорости доставки, p – важность минимизации стоимости доставки, f – предпочтение по виду представления (текстовое/мультимедийное), f^* – важность представления материала в указанном формате, d – важность обеспечения максимального показателя семантической плотности.

Заявкой R будем считать запрос от пользователя на доставку контента, определяемый, как кортеж: $R = \langle U^r, T^r \rangle$, где U^r – пользователь, отправивший запрос, T^r – запрашиваемая тема.

Сообщением M будем считать пакет учебных объектов, отправляемый пользователю, определяемый, как кортеж: $M = \langle R, S \rangle$, где R – заявка от пользователя, S – ресурсы сообщения, множество учебных объектов, отражающее запрашиваемую тему.

Для автоматической генерации в системе сообщений M , однозначно соответствующих некоторым заявкам, необходимо определить набор правил, определяющих критерии и принципы отбора объектов для конкретного пользователя. Т. е., нужно определить способ решения задачи формирования множества $S = \{L_1, L_2, \dots, L_{k_1}\}$ из множества T в соответствии с конкретным запросом R . Для этого в системе используется алгоритм φ .

Задача отбора объектов может интерпретироваться как задача многокритериальной оптимизации, где в качестве частных критериев выступают:

- 1) показатель семантической плотности передаваемых объектов:

$$f_1(S) = \sum d_{Li} \quad (2)$$

- 2) время, затрачиваемое на доставку объектов:

$$f_2(S) = \sum w_{Li} \lambda_c \quad (3)$$

где λ_c - коэффициент пропускной способности канала c ;

- 3) стоимость доставки объектов:

$$f_3(S) = \sum w_{Li} \mu_c \quad (4)$$

где μ_c - коэффициент стоимости трафика для канала c ;

- 4) соответствие продолжительности предоставляемого материала предпочтениям пользователя:

$$f_4(S) = |t_{Li} - t_u| \quad (5)$$

- 5) соответствие формата представления контента предпочтениям пользователя:

$$f_5(S) = |f_{Li} - f_u| \quad (6)$$

При этом необходимо обеспечивать необходимый уровень сложности и

формат представления объекта: $\forall L_{ij} \in S, \begin{cases} l_{Li} \leq l_u \\ c_{Li} \leq c_u \end{cases}$.

Совокупность частных критериев оптимальности (2)-(6)

$$\Phi(S) = (f_1(S), f_2(S), f_3(S), f_4(S), f_5(S)) \quad (7)$$

будем называть векторным критерием оптимальности. Можно сформулировать задачу минимизации каждого из критериев оптимальности в одной и той же области допустимых значений $D_S \in L$.

$$\min_{S \in D_S} \Phi(S) = \Phi(S^*), \quad (8)$$

Где D_S – множество допустимых значений вектора варьируемых параметров, который, применительно к рассматриваемой задаче, определяется существующими в базе учебными объектами.

Для решения задачи (8) был выбран метод аддитивного критерия, для которого необходима информация об относительной предпочтительности частных критериев (2)-(6), что, применительно к данной задаче, может соответствовать предпочтениям пользователя. Целевая функция, определяющая критерий оптимальности, полученная методом аддитивного критерия имеет вид:

$$\Phi(S) = -d_U f_1(S) + s_U f_2(S) + p_U f_3(S) + t_U^* f_4(S) + f_U^* f_5(S) \rightarrow \min \quad (9)$$

Связи между объектами представим связным ориентированным графом $\hat{T} = \langle \hat{L}^T, E \rangle$, где $\hat{L}^T = \{r, L_1^T, L_2^T, \dots, L_S^T\}$ – множество вершин, отражающих учебные объекты, входящие в запрошенную тему (соответствует множеству D_S^*), $E = \langle \{r, L_1^T\}, \{r, L_2^T\}, \dots, \{L_q^T, s\} \rangle$ – множество ребер. Весовая функция $\omega: E \rightarrow R$ для графа будет соответствовать функции (9) для каждой пары смежных вершин графа.

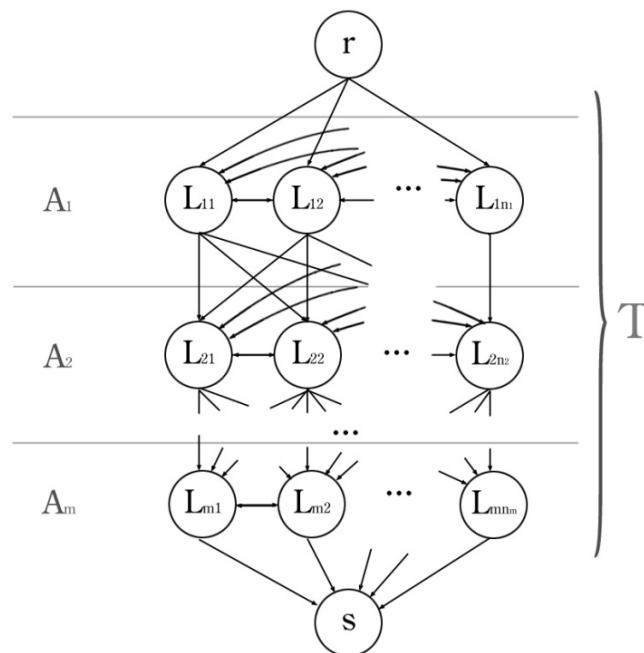


Рис. 1. Объекты и связи между ними

Таким образом, задача (8) сводится к задаче поиска кратчайшего пути на графе из вершины r в вершину s .

В основе алгоритма подбора объектов для доставки лежит пошаговый отбор, схема алгоритма представлена на рис. 2. В результате работы алгоритма подбирается по одному объекту из каждой учебной альтернативы.

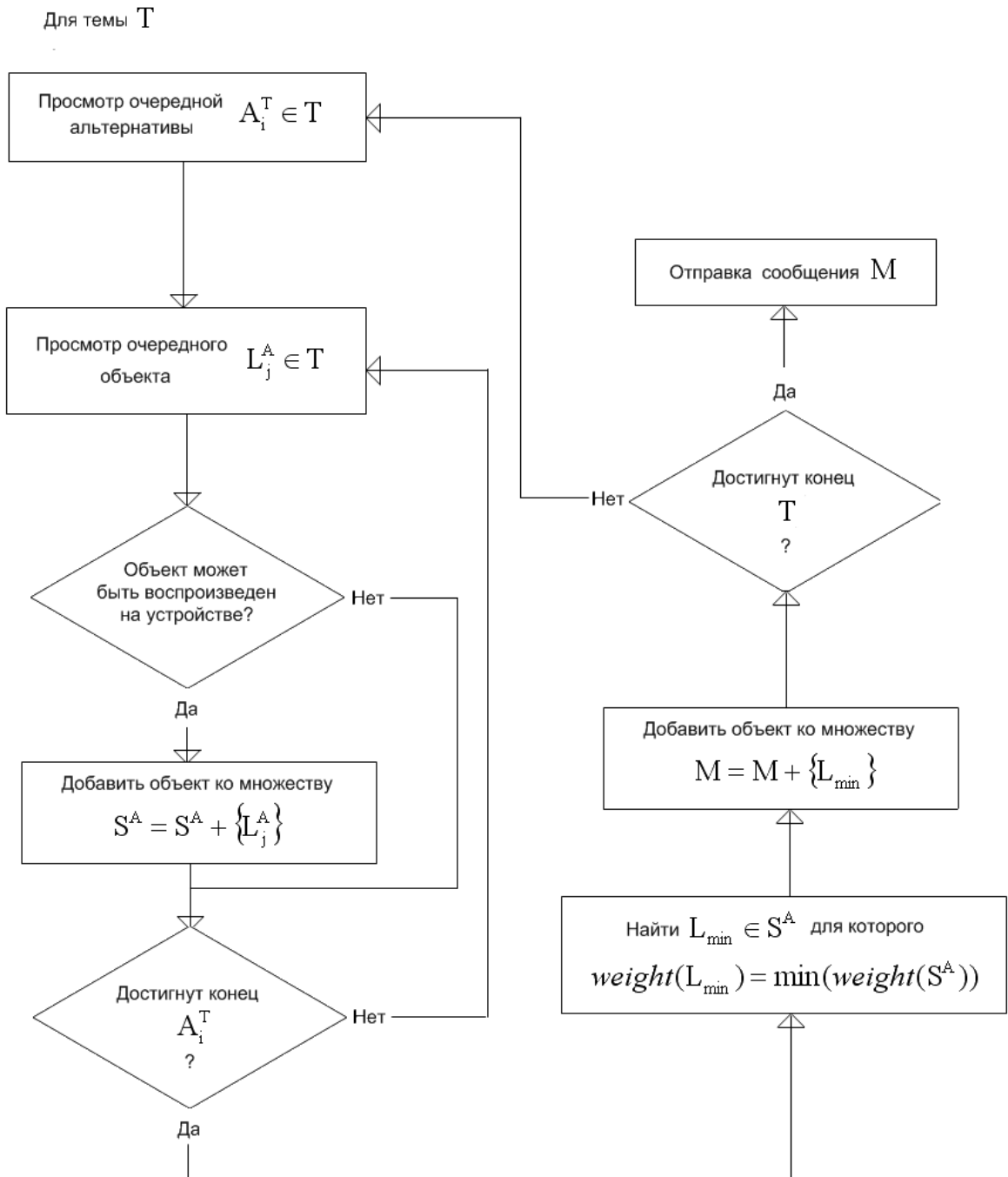


Рис. 2. Пошаговый алгоритм отбора объектов.

Адаптивные алгоритмы подбора контента подразумевают автоматизацию сбора сведений о пользователе и подбор выходных данных, соответствующих целям и предпочтениям пользователя. В рассматриваемой системе адаптивность может быть реализована, как минимум, двумя способами: путем внедрения режима «обучения» системы, либо создания механизма динамической подстройки.

Модель системы с режимом обучения можем определить как:

$$H = \langle L, U, R, M, Z, \varphi \rangle, \text{ где} \quad (10)$$

L – множество учебных объектов системы, U – множество профилей пользователей системы, R – заявки от пользователей (вход системы), M – сообщения пользователям (выход системы), Z – множество состояний системы (в простейшем случае, множество содержит 2 элемента: режим обучения, и автоматический режим – $\{z_1, z_2\}$), φ – алгоритм выбора учебных объектов для доставки пользователям. Модификация в данной модели затрагивает профили пользователей U и алгоритм φ . К атрибутам профиля пользователя добавляется атрибут q , отвечающий за переключение режимов системы, т.е., критерий достаточности накопленной информации о предпочтениях. В общем виде работу алгоритма φ для данной модели можно представить в виде двух отображений: $\varphi_1: R \times Z \rightarrow Z$, $\varphi_2: R \times Z \rightarrow M$. Представленные отображения можно описать следующим образом: для конкретного пользователя U , пока $q_u < q_{max}$, где q_{max} – предопределенный в системе порог обучения, пользователь самостоятельно выбирает учебные объекты ($z_u = z_1$). Показатели предпочтений пользователя определяются на основе выбранных им объектов. После достижения порогового значения $q_u = q_{max}$, система переключается в автоматический режим ($z_u = z_2$). В дальнейшем отбор ведется по алгоритму, аналогичному представленному выше.

Адаптивная система с динамической подстройкой реализует сбор сведений о пользователе в течение всего времени его работы. Изначально

устанавливаются некоторые усредненные показатели предпочтений, объекты подбираются в соответствии с ними, однако, имеется возможность корректировки выбора. Представления о предпочтениях и целях пользователя формируются в соответствии с вносимыми им корректировками. Данная модель схожа с предыдущей, однако, не требуется введение дополнительных режимов работы системы. Для ее реализации необходимо определить исходные значения характеристик пользователя, а также количество n значимых шагов. Таким образом, к множеству P_{ui} добавляется параметр q , учитывающий количество шагов пользователя, также в системе определяются: t_0 – усредненное значение показателя предпочтений пользователей по краткости/развернутости материала, s_0 – усредненное значение показателя предпочтений по скорости доставки; p_0 – по стоимости доставки, f_0 – по виду представления.

Показания предпочтений пользователя могут подсчитываться следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_u = f_0; q_u = 0, \\ f_{u,q+1} = \frac{f_1 + \dots + f_q}{q}; q_u < n, \\ f_{u,q+1} = \frac{f_{q-n} + \dots + f_q}{n}; q_u \geq n \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} s_u = s_0; q_u = 0, \\ s_{u,q+1} = \frac{s_1 + \dots + s_q}{q}; q_u < n, \dots \\ f_{u,q+1} = \frac{s_{q-n} + \dots + s_q}{n}; q_u \geq n \end{array} \right.$$

и т. д. по аналогичной схеме для всех характеристик пользователя. В дальнейшем алгоритм φ также функционирует аналогично представленному выше.

Построенная математическая модель отражает механизмы отбора объектов для доставки пользователю и описывает методы решения проблем, представленных в первой главе. Это позволяет, на основе изложенного подхода, построить имитационную модель системы, обеспечивающую проверку адекватности предлагаемых алгоритмов, а, в дальнейшем, реализацию системы класса eLearning 2.0.

В третьей главе представлен программный комплекс, реализующий имитационную модель системы управления курсами и вычислительный

эксперимент. Основной целью проведения имитационного эксперимента являлась проверка адекватности предложенных моделей и алгоритмов, а также сравнение различных схем по критериям эффективности: средняя семантическая плотность доставляемых объектов, среднее суммарное время на доставку для пользователя, суммарная стоимость доставки, общая неудовлетворенность пользователя. Имитировалась работа системы eLearning 2.0 в различных модификациях: без использования гибридных технологий доставки, с использованием гибридных технологий без реализации адаптивного алгоритма, с реализацией динамической подстройки под предпочтения пользователя. Был проведен ряд испытаний, в которых моделировались системы различных масштабов: малые (не более 10 пользователей, 2-3 учебные темы, не более 10 разделов каждая, средняя насыщенность объектами – по 5 на раздел – это к примеру, небольшие электронные справочники), средние (от 10 до 100 пользователей, 100-1000 учебных тем, не более 10 разделов каждая, средняя насыщенность объектами – по 10 на раздел – например, системы поддержки электронного образования), большие (более 1000 пользователей, более 1000 тем, от 10 до 50 разделов каждая, насыщенность объектами – от 50 до 100 – крупные базы знаний, электронные энциклопедии и т. п.). Результаты проведенного эксперимента показывают, что внедрение гибридных технологий доставки контента оправдано в системах eLearning 2.0 среднего и большого масштабов, а также при большой степени насыщенности объектами в рамках каждого раздела изучаемых тем. На рис. 3 показана отчетная форма для прогона модели, имитирующей систему большого масштаба (1000 учебных тем, 49972 учебных альтернатив, 499872 учебных объектов; 500 пользователей с нормально распределенным уровнем подготовки): сравниваются показатели времени на доставку, стоимости доставки, времени, потраченного пользователями на выбор ресурсов, показатель общей

неудовлетворенности пользователей, а также график зависимости показателя неудовлетворенности от количества пользователей.

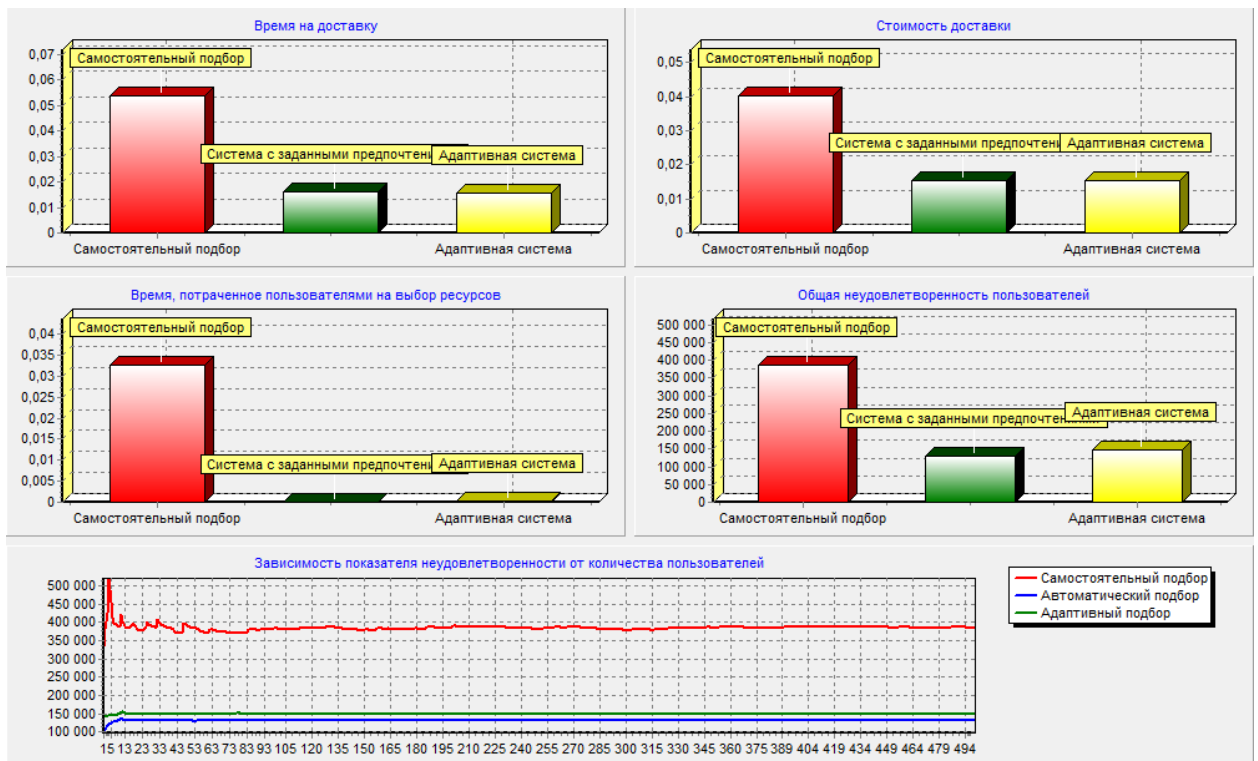


Рис. 3. Отчет по прогону имитационной модели

Практическое применение описанных моделей проиллюстрировано на примере описания задачи проектирования и построения системы управления курсами класса eLearning 2.0, использующей гибридные технологии доставки контента. Программный комплекс был реализован как web-ориентированная система построения совместно наполняемых баз знаний. БД комплекса была реализована в СУБД MySQL, программный код написан на языке PHP.

Основные требования, предъявляемые к архитектуре системы:

- структура данных должна обеспечивать возможность реализации описанных алгоритмов, а также допускать модификации системы без коренной переработки БД;
- система должна быть реализована в объектно-ориентированной парадигме с возможностью изменения отдельных классов, или добавления новых, без правки существующих;

- логика алгоритмов должна быть реализована в рамках объектной модели;
- уровень представления контента должен быть полностью независим от уровня логики.

Требования к функционалу:

- представление учебных ресурсов в соответствии с определенной в модели структурой (темы, альтернативы, объекты);
- возможность разделения прав пользователей;
- возможность добавления и правки материалов; возможность назначения метаданных учебных объектов;
- возможность задания предпочтений пользователя в настройках;
- автоматическое определение технических характеристик устройства пользователя;
- два режима отображения контента: 1) отображать автоматически подобранный для пользователя контент, 2) отображать весь контент для самостоятельного подбора пользователем.
- независимые интерфейсы для различных устройств.

Реализация алгоритма в рамках методов классов (уровень логики) позволяет определять любое количество интерфейсов с различными характеристиками. В разработанной системе данная возможность представлена на примере трех интерфейсов: полноценный ПК-интерфейс, PDA-интерфейс, а также мобильный интерфейс для сотовых телефонов и подобных устройств. Реализована поддержка 15 форматов: текст, HTML, документы различных приложений, аудио-форматы, видео-форматы, интерактивный flash-формат. Пользовательские настройки определяются в специальном разделе сайта, и сохраняются на протяжении всей сессии.

Выбор интерфейса происходит автоматически, в зависимости от используемого устройства, все интерфейсы обращаются к одним и тем же

методам классов, различаются только параметры вызова (тип подключения, пользовательские настройки).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- Введение понятия гибридных технологий доставки контента, обобщающего методы подбора и адаптации информационных ресурсов к предпочтениям, целям и техническим возможностям пользователей, позволило определить подходы к решению актуальной задачи многокритериального адаптивного поиска компонентов учебного материала для пользователей в системах класса eLearning 2.0.
- На основе проведенного информационного структурно-функционального моделирования электронной образовательной системы обоснована возможность и показаны принципы формализации семантических (педагогических) и технических компонентов контента для реализации логико-математического механизма, обеспечивающего функционирование гибридных технологий доставки.
- На основе анализа стандарта метаданных учебных объектов IEEE LOM построен его расширенный вариант с целью формирования более детальной объектной модели, позволяющей реализовать сложный адаптивный алгоритм.
- Проведенный анализ подходов к построению математических моделей контента и методов его отбора для отправки пользователю показал, что наиболее адекватным математическим представлением задачи является ее постановка в виде задачи многокритериальной оптимизации.
- На основании результатов вычислительных экспериментов с разработанной компьютерной моделью сделаны выводы об оправданности внедрения гибридных технологий доставки контента в системах среднего и большого масштаба.

- Адекватность предложенных моделей подтверждена на примере разработанной базы знаний «Операционные системы семейства Windows».

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Гильманов А. С., Ступников А. А.* Использование мобильной технологии SMS-сообщений в сфере корпоративных коммуникаций // Лучшие выпускные квалификационные работы 2006, часть 1. – Тюмень. Изд-во ТюмГУ, 2007. – С. 31-39.
2. *Гильманов А. С., Ступников А. А.* Использование мобильных технологий в задачах управления // Математические методы в технике и технологиях: сбор. тр. XX Междунар. науч. конф. Т. 9. – Ярославль. Изд-во Яросл. гос. Техн. ун-та, 2007. – С. 248-250.
3. *Гильманов А. С., Захарова И. Г.* Возможности использования мобильных технологий в образовательном процессе // Математические методы в технике и технологиях: сбор. тр. XX Междунар. науч. конф. Т. 9. – Ярославль. Изд-во Яросл. гос. Техн. ун-та, 2007. – С. 246-248.
4. *Гильманов А. С., Гильманов С. А.* Модель использования гибридных технологий в профессиональном образовании // Модернизация системы профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования: материалы VI Всерос. научно-практ. конф. ч. 6 – Челябинск. Изд-во «Образование», 2007. – С. 48-56.
5. *Гильманов А. С.* Информационная модель системы поддержки дистанционного образования, использующей гибридные технологии // Вестник ТюмГУ. – 2007. - №5. – Тюмень. Изд-во ТюмГУ – С. 115-118.
6. *Гильманов А. С.* Возможности использования гибридных технологий доставки контента в условиях балльно-рейтинговой системы оценки качества обучения // Применение новых технологий в образовании: материалы XIX межд. конф. – Троицк. Изд-во «Тровант», 2008. - С. 313-314.
7. *Гильманов А. С.* Информационное моделирование обучающей системы, использующей гибридные технологии доставки контента // Современные проблемы математического и информационного моделирования. Перспективы разработки и внедрения инновационных IT-решений: сбор. научн. трудов – Тюмень. Изд-во ТюмГУ, 2008. – С. 35-39.
8. *Гильманов А. С.* Объектная и математическая модели системы управления электронными курсами, базирующейся на гибридных технологиях доставки контента // Математическое и информационное моделирование: сбор. научн. труд. Вып. 10 – Тюмень. Изд-во «Вектор Бук», 2008. – С. 92-98.
9. *Гильманов А. С., Гильманов С. А.* Моделирование учебных объектов обучающих систем, использующих гибридные технологии доставки контента // Вестник ТюмГУ. – 2008. - №6. – Тюмень. Изд-во ТюмГУ – С. 190-195.
10. *Гильманов А. С.* Практика применения гибридных технологий доставки контента в электронном образовании // Применение новых технологий в образовании: материалы XX межд. конф. – Троицк. Изд-во «Тровант», 2008. - С. 462-464.
11. *Гильманов А. С.* Разработка электронного курса «Компьютерная геометрия и графика», использующего гибридные технологии доставки контента // Современные проблемы математического и информационного моделирования. Перспективы разработки и внедрения инновационных IT-решений: сбор. научн. трудов – Тюмень. Изд-во ТюмГУ, 2009. – С. 35-39.
12. *Захарова И. Г., Пряхина Е. Н., Гильманов А. С.* Спортивно-молодежный информационный портал тюменской области. – Тех. задание по теме «Разработка и создание информационной системы «Спортивно-молодежный информационный портал Тюменской области» № 6/540-09.
13. *Гильманов А. С.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009616109 «Система построения онлайн баз знаний, использующих гибридные технологии доставки контента» от 11.01.2010.