

МОДЕЛЬ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ И КОНТРОЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

И. Ф. Астахова, И. В. Сухотерина, А. Ю. Роднищева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 19.02.2014 г.

Аннотация. В статье рассматривается автоматизированный учебный курс и математическая модель, позволяющая оценить ее с помощью алгебр.

Ключевые слова: автоматизированный учебный курс, операции с курсами, алгебра курсов.

Annotation. The models and methods automation of training and checking facility of students were worked out by help algebra.

Keywords: automatized educational course, operations with courses, algebra courses.

1. ВВЕДЕНИЕ

Проблемы проектирования и разработки автоматизированных учебных курсов связаны с противоречиями: а) между необходимостью качественного и эффективного обучения персонала, обеспечивающего использование автоматизированных информационно-управляющих систем, и отсутствием по данным системам современных учебных средств, ориентированных на использование образовательных критериев; б) повышения эффективности технологического процесса разработки программного обеспечения и отсутствием единого математического подхода к совершенствованию методики разработки этих курсов.

В данной работе предлагается система автоматизированного учебного курса, включающая обучающую (для работы обучаемого) и администрирующую (для работы преподавателя) части. Разрабатываемая система не должна зависеть от конкретного курса, т.е. должна быть возможность «закладывать» в нее любой курс по любому предмету. Преподаватель дол-

жен иметь возможность подключать учебные курсы, редактировать их и, при необходимости, удалять, а также иметь доступ к результатам обучения. Обучаемые должны иметь возможность выбирать учебный курс, изучать теоретические положения данного курсу, проходить тестирование и учиться решению задач. В результате работы автоматизированного курса обучаемый должен получить: знания по выбранной предметной области; умения применять различные методы и алгоритмы; навыки решения задач.

Для разработки системы необходимо было создать модели проектирования системы учебного курса; разработать формализованные модели учебного курса; разработать модель сравнения знаний студентов с использованием теории алгебр для анализа информационного процесса обучения. Система должна не только решать поставленные перед ней задачи, но и отвечать в удобстве высокому уровню современных интерактивных приложений. Поставленную задачу построения автоматизированного курса можно представить схемой (рис. 1).

Экзаменационный блок должен быть обеспечен средствами безопасности от несанкционированного входа. В частности, студен-

ты могут просмотреть информацию только о своих выполненных заданиях, а преподаватели – только о своих студентах. При этом студенты не могут удалять и редактировать задания. Для этого в проект входит утилита администратора, доступная только ему, которая позволяет модифицировать информацию о пользователях и заданиях.

2. ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО КУРСА

Под структурной моделью автоматизированного учебного курса будем понимать совокупность элементов модели и связей между ними.

Определим учебный курс (URS) следующим образом:

$$URS = \langle S, PP, T, CK, RR \rangle, \quad (1)$$

где S – обучающее пространство; PP – профили обучаемых и преподавателей; T – трек обучения; CK – модель текущих знаний обучаемого; RR – профиль учебного курса [1].

Для хранения персональной информации используются профили обучаемых и преподавателей.

Трек обучаемого – это информация перемещение обучаемого в обучающем пространстве. Трек учебного курса – это информация об оценке учебного курса обучаемыми, а коммуникационный трек – информация о коммуникации между обучаемыми и преподавателями. Трек обучения – это совокупность данных элементов.

Обучающее пространство учебного курса (S) представляется как:

$$S = \langle CRST, G, LGR, CT, EM, Q, LNK, EVT \rangle, \quad (2)$$

где $CRST$ – информация об учебном курсе; G – дерево учебных целей; LGR – множество исходных требований к подготовке обучаемого; CT – дерево курса; EM – множество учебных материалов; Q – множество контрольных вопросов; LNK – множество внутренних связей; EVT – параметры оценки учебного курса. EM определим следующим образом:

$$EM = \{P, E\}, \quad (3)$$



Рис.1. Схема автоматизированного учебного курса

где P – множество обучающих страниц; E – множество учебных элементов.

Под обучающей страницей p_i будем понимать следующее:

$$p_i = \langle p_{NM}, p_T, \{U_i\}, \{e_i\} \rangle, p_i \in P, \\ p_T \in PT, PT = \{pt_T, pt_P\}, \quad (4)$$

где p_{NM} – наименование обучающей страницы; p_T – тип обучающей страницы; U_i – уровень подробности представления учебного множества типов обучающих страниц; e_i – учебный элемент, i меняется от 1 до величины количества обучающих страниц. Множество типов обучающих страниц PT содержит два элемента: pt_T – «теоретическая» обучающая страница, pt_P – «практическая» обучающая страница.

3. ФОРМАЛИЗОВАННАЯ МОДЕЛЬ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Множество контрольных вопросов Q определим следующим образом:

$$Q = QS \cup QB, \quad (5)$$

где QS – множество наборов контрольных вопросов; QB – множество блоков контрольных вопросов.

$$QS = \{QS_i\}, QS_i = \{q_j\}, \quad (6)$$

где QS_i – набор контрольных вопросов; q_j – контрольный вопрос, который определим следующим образом:

$$q_j = \langle q_t, a_r, p_r \{a_{wi}, p_{wi}\} \rangle, \\ p_r \in P, p_{wi} \in P, \quad (7)$$

где q_t – текст вопроса; q_r – правильный вариант ответа на контрольный вопрос; p_r – обучающая страница, подтверждающая правильность ответа a_r ; a_{wi} – неправильный вариант ответа; p_{wi} – обучающая страница, объясняющая неправильность ответа a_{wi} .

Множество блоков контрольных вопросов QB содержит блоки контрольных вопросов $\{qb_i\}$:

$$QB = \{qb_i\}. \quad (8)$$

Для описания содержания учебного курса используется дерево CT :

$$CT = \langle CTN, CTS \rangle, \quad (9)$$

где CTN – множество вершин дерева, пунктов содержания; CTS – множество ребер дерева, отражающее связи между элементами содержания.

4. МОДЕЛЬ ТЕКУЩИХ ЗНАНИЙ ОБУЧАЕМОГО

Профили и обучаемого и преподавателя определим следующим образом:

$$UP = \{UP_i\},$$

$$UP_i = \langle UP_{NM}, UP_{LCN}, UP_{PWD}, UP_P, UP_T \rangle, \quad (10)$$

где UP – множество профилей; UP_i – профиль; UP_{NM} – имя обучаемого; UP_{LCN} – идентификатор для работы с учебным курсом; UP_{PWD} – пароль для работы с учебными курсами; UP_P – информация о персонализации; UP_T – признак профиля преподавателя.

Под моделью текущих знаний обучаемого понимается дерево учебных целей, совмещенное с информацией о выполнении целей:

$$CK = \langle CKN, CKS \rangle, CKN = \{ck_i\}, \quad (11)$$

где CK – дерево текущих знаний обучаемого; CKN – множество вершин дерева текущих знаний; CKS – множество ребер дерева текущих знаний; ck_i – вершина дерева текущих знаний (выполненная учебная цель).

$$ck_i = \langle g_i, P_{CT}, QBK_{CT}, P_{TR}, QBK_{TR}, \{ctc_i\} \rangle, \quad (12)$$

$$KS, KFS, NK_r, TK_r \rangle,$$

где $QBK_{CT} = \{qb_i, K_{CTi}\}$, $QBK_{TR} = \{qb_i, K_{TRi}\}$, g_i – учебная цель, которая соответствует вершине дерева текущих знаний; P_{CT} – множество обучающих страниц, связанных с данной учебной целью, т.е. множество всех страниц, которые необходимо изучить для выполнения данной учебной цели; QBK_{CT} – множество блоков контрольных вопросов qb_j , на каждый из которых для выполнения данной учебной цели необходимо ответить на уровне K_{CTi} ; P_{TR} – множество обучающих страниц, связанных с данной учебной целью

через трек обучаемого, множество изученных страниц; QBK_{TR} – множество блоков контрольных вопросов qb_j , каждый из которых пройден на уровне K_{TRi} ; KS – коэффициент изученности учебной цели; KFS – коэффициент полной изученности учебной цели; NK_r – коэффициент правильности ответа обучаемого на контрольные вопросы для блоков контрольных вопросов, относящихся непосредственно к данной учебной цели; TK_r – коэффициент правильности ответа обучаемого на контрольные вопросы для блоков контрольных вопросов, связанных с данной учебной целью и ее подцелями.

Коэффициент изученности учебной цели определим следующим образом:

$$KS = KS_T \wedge KS_Q, \quad (13)$$

где KS_T – коэффициент теоретической изученности учебной цели; KS_Q – коэффициент практической изученности учебной цели.

Коэффициент изученности учебной цели принимает значение «истина», только если оба коэффициента теоретической и практической изученности принимают значение «истина».

Коэффициент правильности ответа обучаемого на контрольные вопросы для блоков контрольных вопросов, относящихся непосредственно к данной учебной цели, определим следующим образом [1,2]:

$$NK_r = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^{N_{QB}} K_{ri}}{N_{QB}}, & N_{QB} > 0 \\ 0, & N_{QB} = 0, \end{cases} \quad (14)$$

где N_{QB} – количество блоков контрольных вопросов, непосредственно связанных с данной учебной целью, на которые ответил обучаемый; K_{ri} – коэффициент правильности ответа обучаемого на i -й блок контрольных вопросов по пятибалльной шкале. NK_r определяется как среднее значение коэффициентов правильности ответов обучаемого на блоки контрольных вопросов, непосредственно связанных с данной учебной целью.

Если не существует блоков контрольных вопросов, непосредственно связанных с данной учебной целью, или обучаемый не ответил ни на один блок, то величина NK_r принимает пустое значение (0).

5. ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ УЧЕБНОГО КУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ АЛГЕБР

Для решения задач, связанных с учебным курсом, проведем исследование разработанной формализованной модели с использованием теории алгебр.

Операции на учебных курсах

Введем отношение эквивалентности учебных курсов.

Два учебных курса эквивалентны, если эквивалентны их обучающие пространства, треки и множества обучаемых, т.е.

$$URS_1 = URS_2 \Leftrightarrow (S_1 = S_2) \vee (PP_1 = PP_2) \vee (T_1 = T_2). \quad (15)$$

Соответствие между эквивалентными элементами обучающих пространств, треков и множеств обучаемых устанавливается «вручную» разработчиком учебного курса.

Для элементов обучающего пространства, представляющих собой множества и наборы множеств, таких как EM (множество учебных материалов), L (множество внешних источников), Q (множество контрольных вопросов), LNK (множество внутренних связей), EVT (параметры оценки учебного курса), устанавливается соответствие между эквивалентными элементами из различных обучающих пространств. Аналогично определяется эквивалентность между профилями обучаемых (PP) и элементами треков обучения (T).

Для древовидных элементов обучающего пространства LG (дерево учебных целей) и ST (дерево содержания учебного курса) устанавливается соответствие между эквивалентными вершинами из различных обучающих пространств. Вершины могут быть признаны эквивалентными, только если они находятся на одном уровне иерархии и их ро-

дательские вершины также эквивалентны. Корневые вершины деревьев всегда считаются эквивалентными.

Над учебными курсами введем операции объединения (\cup), пересечения (\cap), разности (\setminus) и симметрической разности (∇).

Рассмотрим операцию объединения курсов.

С использованием формализованной модели операцию объединения определим следующим образом:

$$\begin{aligned} CRS_1 \cup CRS_2 &= \langle S_1 \cup S_2, PP_1 \cup PP_2, T_1 \cup T_2 \rangle, \\ S_1 \cup S_2 &= \langle CRST_1 \cup CRST_2, G_1 \cup G_2, \\ CT_1 \cup CT_2, EM_1 \cup EM_2, Q_1 \cup Q_2, \\ LNK_1 \cup LNK_2, EVT_1 \cup EVT_2 \rangle. \end{aligned} \quad (16)$$

Модель текущих знаний обучаемого и профиль учебного курса не участвуют в этих операциях, так как они формируются на основе обучающего пространства и трека обучения.

Для элементов модели, представляющих собой множества, таких как $CRST$, EM , Q , LNK , EVT , PP и T операцией объединения является объединение соответствующих множеств.

Элемент LGR участвует в операциях в составе дерева учебных целей.

Для древовидных элементов обучающего пространства объединение определим как операцию объединения вершин, находящихся на одном уровне иерархии, при этом эквивалентные вершины включаются в объединение только один раз.

Таким образом, операция объединения древовидных элементов обучающего пространства представляет собой последовательность операций объединения множеств вершин, находящихся на одном уровне иерархии. Операция пересечения выглядит так же.

При пересечении обучающих пространств для некоторых элементов выполняется объединение. Для других элементов обучающего пространства, представляющих собой множества, операцией пересечения является пересечение множеств.

Рассмотрим операции разности курсов:

$$CRS_1 \setminus CRS_2 = \langle S_1 \setminus S_2, PP_1 \setminus PP_2, T_1 \setminus T_2 \rangle, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} S_1 \setminus S_2 &= \langle CRST_1 \setminus CRST_2, G_1 \setminus G_2, \\ CT_1 \setminus CT_2, EM_1 \setminus EM_2, Q_1 \setminus Q_2, \\ LNK_1 \setminus LNK_2, EVT_1 \setminus EVT_2 \rangle. \end{aligned}$$

Для элементов курса, представляющих собой множества, операцией разности является разность множеств.

Для древовидных элементов обучающего пространства разность определим как вычитание множеств вершин, находящихся на одном уровне иерархии. При этом эквивалентные вершины удаляются из результирующего множества, только если они не имеют дочерних вершин.

Рассмотрим операции симметрической разности курсов.

$$\begin{aligned} CRS_1 \nabla CRS_2 &= \langle S_1 \nabla S_2, PP_1 \nabla PP_2, T_1 \nabla T_2 \rangle, \\ S_1 \nabla S_2 &= \langle CRST_1 \setminus CRST_2, G_1 \nabla G_2, \\ CT_1 \nabla CT_2, EM_1 \nabla EM_2, Q_1 \nabla Q_2, \\ LNK_1 \nabla LNK_2, EVT_1 \nabla EVT_2 \rangle. \end{aligned} \quad (18)$$

Для элементов обучающего пространства, представляющих собой множества, операцией симметрической разности является симметрическая разность множеств.

6. АЛГОРИТМ ОПРОСА И ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ОБУЧАЕМЫХ

На основе предложенной модели и цели исследования можно сформулировать алгоритм опроса обучаемых и оценки их знаний [3, 4], который состоит из следующих шагов:

1. На основе описания блока контрольных вопросов формируется их массив.
2. Проводится обнуление счетчика максимального количества возможных ответов, счетчика числа попыток ответов и счетчика заданных вопросов.
3. Цикл выполняется, пока массив вопросов не пустой.
4. Случайным образом выбирается индекс для доступа к элементу массива из диапазона от единицы до значения мощности множества вопросов.
5. Проверяется, все ли вопросы из набора ранее уже были заданы обучаемому.

6. Устанавливается значение «ложь» флага правильности ответа.

7. Цикл выполняется, пока флаг правильности ответа не примет значение «истина».

8. Проводится вывод вопроса с вариантами ответов обучаемому.

9. Осуществляется ввод варианта ответа обучаемого в базу данных.

10. Выполняется вывод обучающей страницы, подтверждающей правильность ответа.

11. Определяется правильность ответа обучаемого на вопрос и устанавливается флаг правильности в зависимости от ответа.

12. Рассчитывается декремент количества вопросов из данного набора, которые необходимо задать обучаемому.

13. Если все вопросы из данного набора уже заданы, то он удаляется из массива вопросов для данного опрашиваемого.

14. Проводится расчет коэффициента правильности ответа обучаемого на блок контрольных вопросов в соответствии с формулой расчета коэффициента правильности, вычисление оценки по пятибалльной шкале.

15. Выполняется запись в трек обучаемого итоговой оценки и списка ответов обучаемого.

16. Осуществляется вывод результатов опроса обучаемому.

Для удобства изучения и быстроты навигации по теоретическому материалу раздел реализован в виде набора HTML-страниц. Статистические отчеты реализованы в виде статических документов, которые не подлежат редактированию, но их можно сгенерировать, распечатать и просмотреть. Раздел помощи оформлен в виде скомпилированного файла, что позволяет осуществлять быстрый поиск по ключевым словам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В настоящей работе систематизированы математические аспекты для разработки программного обеспечения автоматизированного учебного курса, включающие современные достижения, связанные с применением информационных и коммуникационных технологий в сфере образования.

2. Созданы модели формализации учебного курса, учебного материала, модель текущих знаний обучаемого и модели оценки знаний студентов с помощью алгебры.

3. Предложен алгоритм опроса и оценки знаний обучаемых.

Применение данного исследования не только для студентов, но и для других слушателей во многих областях человеческой деятельности, поможет сократить трудозатраты во много раз для оценки знаний обучаемых и контролируемых по сравнению с другими исследованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гапанюк Ю. Е. Исследование и разработка модели, методики и средств создания автоматизированных учебных пособий с использованием технологии XML / автореф. дис. на соиск. ... канд. техн. наук. – Москва, 2006. – 18 с.

2. Семылкина Н. Н. Современные средства оценивания знаний студентов / Н. Н. Семылкина. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 351 с.

3. Система моделей и методов рационального планирования и организации учебного процесса в вузе / Под редакцией В. В. Гусева. – Воронеж, 1984.

4. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1978. – 400 с.

5. Астахова И. Ф. Составления расписания учебных занятий на основе генетического алгоритма / И. Ф. Астахова, А. М. Фирас // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2013. – № 2. – С. 93–99.

6. Девкин В. И. Методы выбора наиболее предпочтительного варианта различных систем // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Системный анализ и информационные технологии, 2013. – № 2. – С. 20–23.

Астахова И. Ф. – д.т.н., профессор кафедры математического обеспечения ЭВМ факультета прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета, профессор.

Тел. (473)2-208-698, E-mail: astachova@list.ru

Сухотерина И. В. – аспирантка кафедры математического и прикладного анализа факультета прикладной математики, информатики и механики Воронежского государственного университета Воронежского государственного университета.

Роднищева А. Ю. – аспирантка кафедра информатики и методики преподавания математики Воронежского государственного педагогического университета

Astachova I. F. – Doctor Technical Science. Prifessor of the mathematical software, Voronezh State University/ Phone: (473)2-208-698

E-mail: astachova@list.ru

Suhoterina I.V. – Postgraduate student of the Voronezh State University. Phone: (473)2-208-698, E-mail: astachova@list.ru

Rodnisheva A.Ju. – Postgraduate student of the Voronezh State Pedagogical University, Phone: (473)2-208-698