

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ требований и создание архитектуры решений на основе Microsoft.NET. Учебный курс MCSD/Пер. с англ. М.: ИТД Русская Редакция, 2004. 416 стр.
2. Schackow, S. Professional ASP.NET 2.0 Security, Membership, and Role Management. Wiley Publishing, Inc. 2006
3. Эспозито Д. Microsoft ASP.NET 2.0 Углубленное изучение. Серия Мастер класс. М.: ИТД Русская Редакция, 2002.
4. RFC 2798: Definition of the inetOrgPerson
5. Щеглов А.Ю. Защита компьютерной информации от несанкционированного доступа. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2004
6. RFC 2256. A Summary of the X.500(96) User Schema for use with LDAPv3
7. Уилсон С.Ф., Мэйплс Б., Лэндгрейв Т. Принципы проектирования и разработки программного обеспечения. Учебный курс MCSD/Пер. с англ. 2-е изд., испр. М.: ИТД Русская Редакция, 2002. 736 стр.
8. Ховард М., Лебланк Д. Защищенный код: Пер. с англ, 2-е изд., испр. М.: ИТД Русская Редакция, 2004. 704 стр.
9. About Lightweight Directory Access Protocol. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/aa366075.aspx>.
10. Using Lightweight Directory Access Protocol. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/aa367033.aspx>.

*Ирина Гелиевна ЗАХАРОВА —  
директор Института математики  
и компьютерных наук,  
доктор педагогических наук, профессор*

*Яков Викторович ЛАНГ —  
аспирант кафедры программного обеспечения*

*Елена Сергеевна ОХОТНИКОВА —  
аспирант кафедры программного обеспечения  
Тюменский государственный университет*

УДК 519.7

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВАРИАТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ**

*АННОТАЦИЯ. В работе предложены математические модели, позволяющие описать структуру и алгоритмы создания контента автоматизированной системы управления обучением, обеспечивающей реализацию индивидуальных траекторий изучения учебного курса.*

*The article viewed mathematical model to describe the structure and algorithms for automated content creation education management system that ensures the realization of individual course trajectories.*

В условиях современного вуза у студентов появляются широкие возможности для использования современных компьютеров и средств коммуникации для поиска и получения информации, развития способностей, умения оперативно принимать решения в сложных ситуациях и т.д. Соответственно, предполагаются и новые качества систем управления обучением (Learning Management Systems — LMS). Они должны выступать как средство организации управляе-

мого учебного процесса, адаптированного к потребностям и возможностям обучающегося, а современное понимание модульного принципа функционирования LMS предполагает многоуровневую систему представления знаний и их усвоения в рамках одного модуля, а также дифференцированно настраиваемую, гибкую последовательность изучения модулей, составляющих учебный курс.

Тем не менее, современные типовые LMS не предоставляют достаточный инструментарий для решения поставленных задач. В контексте этого возникает проблема моделирования, проектирования и разработки специальных программных модулей, расширяющих стандартные функциональные возможности данных систем.

В настоящей статье рассматриваются математические модели, позволяющие описать структуру и алгоритмы создания контента LMS, поддерживающего реализацию индивидуальных траекторий изучения учебного курса.

Представляется возможным предложить несколько подходов к решению поставленной задачи.

Предположим, что учебный курс состоит из совокупности *учебных объектов* [1] — целостных наборов информации, удовлетворяющих определенным стандартам в части своей атрибутики, что позволяет использовать их в различных комбинациях для создания индивидуальных траекторий изучения курса.

Пусть электронный учебный курс  $C$  определяется множеством учебных объектов  $L\{L_1, L_2, \dots, L_N\}$ , множеством изучаемых в курсе понятий  $D\{d_1, d_2, \dots, d_K\}$  и множеством значений уровня их усвоения  $F\{f_1, f_2, \dots, f_K\}$ . Для каждого понятия  $d$  пусть определены  $G_i$  — множество значений  $g_{ij}$  — нормированного показателя уровня усвоения и  $H_i$  — множество значений  $h_{ij}$  — нормированного показателя уровня изложения в учебном объекте  $L_j$ ;  $0 \leq h_{ij}, g_{ij} \leq 1, i=1, K, j=1, N$ . При этом  $G$  — множество всех допустимых значений уровня усвоения, а  $H$  — множество всех допустимых значений уровня изложения в пределах данного курса. Предполагается, что уровень изложения  $h_{ij}$  однозначно определяет требуемый уровень усвоения  $g_{ij}$ .

В этом случае учебный объект  $L_p$  характеризуется следующей совокупностью параметров:  $G_p^0$  — множество значений показателей уровня усвоения понятий, необходимого для изучения данного учебного объекта;  $G_p$  — множество значений показателей уровня усвоения понятий, достигаемого в результате изучения данного учебного объекта. Очевидно, что можно ввести дополнительный атрибут — показатель сложности учебного объекта, функцию  $Z_p = Z(G_p^0, G_p)$ , и соответственно, время необходимое для его изучения  $t_p = t(Z_p)$ .

В простейшем случае при равноценности понятий,  $Z$  может быть представлена евклидовой метрикой, а  $t$  — линейной функцией.

При таких предположениях  $T_c$  — индивидуальная траектория изучения учебного курса, она определяется как путь в ориентированном графе, вершинами которого являются учебные объекты  $L_1, L_2, \dots, L_N$ , а связи определяются заданным множеством понятий, уровнем их изложения в отдельных учебных объектах и требуемым уровнем усвоения по результатам прохождения курса. В результате изучения курса понятие  $d_i$  должно быть усвоено на уровне не ниже  $f_i$ ,  $0 \leq f_i \leq 1, i=1, K$ . Корневая вершина (стартовый учебный объект  $L_s$ , с которого начинается изучение курса) определяется исходя из начального уровня усвоения понятий ( $F^0$ ), т.е. по результатам входного тестирования, опроса и т.п. Для универсальной траектории корневая вершина фиксирована, и при определенной нормировке можно положить  $g_{is}^0 = 0, i=1, K$ .

Таким образом,  $T_c = T_c\{L, D, F^0, F, G^0, G, H\}$ .



Предложенная модель позволяет формализовать постановку и алгоритмы решения ряда задач, являющихся традиционными для разработчиков электронных учебных курсов. В частности, речь идет об отборе подмножества учебных объектов, обеспечивающих максимально высокий уровень изложения заданной системы понятий, при условии ограничения времени на изучение курса. Актуальна также обратная задача: построить траекторию и определить время, необходимое для изучения некоторого подмножества понятий на заданном уровне. Кроме того, модель может быть применена для постановки и решения задачи проектирования классов учебных объектов, содержание которых ориентировано на заранее заданные уровни изучения отдельных понятий и курса в целом.

Возможен и другой подход, более формальный с точки зрения моделирования содержания учебного курса, но предполагающий возможность динамического варьирования траектории его изучения в зависимости от промежуточных результатов обучающегося.

Учебный объект  $L$  будем называть *элементарным*, если он не имеет в своем составе других учебных объектов.

Пусть электронный учебный курс  $S$  определяется множеством учебных объектов  $L\{L_1, L_2, \dots, L_N\}$ . Каждому объекту  $L_i$  сопоставляется уникальный идентификатор  $w_i$  и множество связей  $W_i = \{w_{i_1}, w_{i_2}, \dots\}$ , определяемое идентификаторами учебных объектов, изучение которых должно предварять изучение  $L_i$ . Если множество связей учебного объекта пусто, то такой объект называется *независимым*.

Исходя из требования многоуровневости содержания курса, в качестве одного из атрибутов учебного объекта зададим уровень сложности материала. Множество значений этого атрибута  $B = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\}$ . При практической реализации эти значения могут быть соотнесены с любой дискретной шкалой оценок.

Каждому учебному объекту  $L_i$  поставим в соответствие подмножество  $B_i \subset B$ . Элемент  $\beta_j \in B_i$ , если изучение объекта  $L_i$  необходимо для освоения материала курса на уровне  $\beta_j$ ,  $i=1, N$ ;  $j=1, k$ .

Уровень сложности учебного объекта в рамках всего курса определяется минимальным из всех возможных значений указанных для данного учебного объекта  $L_i$ :  $\bar{\beta}_i = \min \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k\}$ .

Пусть для каждого уровня освоения материала  $\beta_j$ ,  $j=1..k$  определяется подмножество учебных объектов, обязательных для прохождения всеми обучаемыми  $Q_{\beta_j}$ ,  $j=1..k$ . Обязательные учебные объекты оцениваются с помощью функции:

$$f_{L_i}^S = \begin{cases} 1, & \text{если обучаемый освоил учебный объект;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Учебные объекты, не вошедшие во множества  $Q_{\beta_j}$ ,  $j=1..K$ , назовем *рейтинговыми*. Множество рейтинговых объектов, соответствующих уровням освоения материала, обозначим  $R_{\beta_j}$ ,  $j=1..K$ . Каждому рейтинговому учебному объекту сопоставляется некоторое количество баллов, которое получит обучающийся после освоения данного объекта. Для каждого блока элементарных объектов определяется число  $r_k$  ( $K=1..m$ ,  $m$  — количество блоков учебного курса), т.е. минимальное количество баллов, которое необходимо набрать обучающемуся с помощью рейтинговых объектов на соответствующем уровне изучения учебного курса.

Таким образом, учебный курс моделируется ориентированным графом  $G$ , вершинами которого являются учебные объекты, а ребра графа описывают свя-

зи между ними, т.е. возможные направления перехода. Каждой вершине графа сопоставляется: уникальный идентификатор; параметр уровня сложности  $\bar{\beta}_i$ ; множество связей  $W_i$ ; тип объекта (обязательный или рейтинговый). Для рейтинговых объектов добавляется еще один параметр — количество баллов.

Построенная структура будет корректной при выполнении следующих условий: существование единственной корневой вершины; отсутствие изолированных вершин (учебных объектов, для которых множество связей пусто); отсутствие циклов.

Текущие результаты изучения курса конкретным обучающимся идентифицируются следующими статическими и динамическими параметрами:

— вектор состояний обучающегося  $\tilde{\theta} = \langle \tilde{\theta}_0, \tilde{\theta}_1, \tilde{\theta}_2 \dots \rangle$ ,  $\tilde{\theta}_k \in B$ .  $\tilde{\theta}_0$  — начальный уровень знаний;  $\tilde{\theta}_k$ ,  $k=1, 2 \dots m$  — уровень знаний после изучения соответствующего блока;

— множество завершенных учебных объектов  $U$ ;

— текущий рейтинг обучающегося  $R^S$ .

В простейшем случае переход между элементарными объектами можно осуществлять по следующим правилам:

— если обучающийся освоил учебный объект  $L_{i_1}$ , то идентификатор данного объекта добавляется к множеству  $U$ ;

— переход к элементарному объекту  $L_{i_2}$  возможен, если  $W_{i_2} \subseteq U$ .

Алгоритм формирования траектории изучения курса (перехода от одного учебного блока к другому) основан на сравнении уровня знаний  $\tilde{\theta}_k$  и рейтинга обучаемого  $R_k^S$  с уровнем сложности  $\bar{\beta}_k^B$  и рейтингом блока учебного курса  $R_k^B$ , следующего за данным блоком (рейтинг блоков  $R_k^B$  определяется на этапе разработки курса).

Текущий рейтинг обучающегося определяется по формуле:

$$R^S = \prod_{L_i \in Q_{\beta_j}} f_{L_i} * \left( \sum_{L_k \in R_{\beta_j}} r_{L_k} + T \right).$$

Здесь  $T$  — рейтинговый балл, полученный обучающимся за итоговое тестирование по блоку. Если рейтинг блока учебных объектов меньше текущего рейтинга обучаемого (либо равен ему):  $R_k^B \leq R_k^S$  и при этом  $\tilde{\theta}_k = \bar{\beta}_k^B$ , то обучающийся получает доступ к данному блоку, иначе выполняется возврат к предыдущему блоку. Во избежание циклов должно быть введено ограничение на возможное число таких переходов.

Таким образом, динамическая индивидуальная траектория изучения курса полностью определяется совокупностью обязательных объектов, рейтинговых объектов и связей между ними и представляет собой некоторый подграф  $G_S \subset G$ , для которого выполняется:  $Q_{\beta_j} + R_{\beta_j} = G_S$ .

Возможно развитие предложенной модели на основе подходов адаптивных обучающих систем [2]. Это позволит учесть возможность корректировки траек-



тории не только при переходе между блоками курса, но и на уровне элементарных учебных объектов.

Рассмотренные математические модели, описывающие структуру контента LMS, используют в качестве общей основы концепцию учебных объектов. Однако при этом можно ввести различную атрибутику для этих объектов, что позволит формализовать постановку прикладных задач, связанных с созданием статических и динамических индивидуальных траекторий изучения электронного учебного курса.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002.
2. Woolard R. Teach/Learn: An Adaptive Learning System // Journal of Instruction Delivery Systems. 1996. V.10. № 2. P.16-21.

*Юрий Евгеньевич КАРЯКИН —  
ст. преподаватель кафедры  
информационных систем*

*Тюменского государственного университета*

### **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПРИНЯТИЮ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

УДК 681.3.06

*АННОТАЦИЯ. Рассмотрены вопросы представления и использования экспертных знаний в интеллектуальных системах обучения принятия управленческих решений. Предложен способ формализации представления ситуаций и решений, основанный на использовании матричного аппарата с применением методов регрессионного анализа.*

*Questions of representation and usage of expert knowledge in intellectual systems of training of acceptance of administrative solutions are considered. The way of formalising of representation of situations and the solutions, grounded on usage of the matrix device with usage methods of the regression analysis is offered.*

Принятие решений занимает в мыслительной деятельности человека, несомненно, центральное место. Достаточно распространено следующее определение: «Решение — один из необходимых моментов волевого действия и способов его выполнения. Волевое действие предполагает предварительное осознание целей и средств действия, мысленное совершение действия, предшествующее фактическому действию мысленное обсуждение оснований, говорящих за или против его выполнения. Этот процесс заканчивается принятием решения» [1].

В литературе, посвященной менеджменту или теории принятия решения, можно найти десятки самых разнообразных определений этой категории. Обязательным условием определения термина «решение» с позиций данной теории является выбор предпочтительной альтернативы.

Е.В. Троицкая определяет решение как «последовательность действий, сознательно выбранных для достижения желаемого результата» [2].

Американская научно-техническая литература понимает под решением «средство заполнения промежутка между существующей и предполагаемой (желае-