

*Яков Викторович ЛАНГ —  
аспирант кафедры программного обеспечения  
lang\_yakov@mail.ru*

*Марина Сергеевна ВОРОБЬЕВА —  
доцент кафедры программного обеспечения  
кандидат технических наук  
vms\_08@mail.ru*

*Институт математики и компьютерных наук  
Тюменский государственный университет*

УДК 519.7

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНЫХ КУРСОВ НА ОСНОВЕ УЧЕБНЫХ ОБЪЕКТОВ**

## **MODELLING THE PROCESS OF CREATING ELECTRONIC EDUCATIONAL COURSES BASED ON EDUCATIONAL OBJECTS**

*АННОТАЦИЯ. В работе предложены математические модели электронного учебного курса и учебного объекта. Формализован процесс автоматического построения электронного курса из набора учебных объектов.*

*SUMMARY. The article offers mathematical models of electronic educational course and educational object. Also the process of automatic creation of educational course based on educational objects is formalized.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Математические модели, электронный учебный курс, учебный объект.*

*KEY WORDS. Mathematical models, electronic educational course, educational object.*

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 [3].

Современная концепция открытого образования предполагает 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 обучающемуся.

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

Одним из возможных решений данных проблем является использование ЭУК, построенных в соответствии с концепцией учебных объектов [1] (УО, Learning Object, LO).

Учебный объект по определению комитета по стандартам обучающих технологий IEEE (IEEE LTSC) — это «любой объект, цифровой или нецифровой, который может использоваться многократно, на который можно делать ссылки при использовании соответствующей обучающей технологии». Главными характеристиками учебного объекта являются возможность многократного использования и разметка метаданными.

Учебные объекты делают возможным создание независимых компонентов образовательного контента, которые обеспечивают реализацию образовательных целей. Хотя учебные объекты являются самодостаточными и изолированными, их можно объединять или использовать последовательно для формирования законченных курсов.

В контексте этого возникает проблема моделирования, проектирования и разработки специальных программных средств, предназначенных для формирования ЭУК из набора учебных объектов.

В статье [2] автором был предложен особый подход к формированию электронных учебных курсов. Согласно данному подходу, 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  $d_i$  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  $t_p = t(Z_p)$ .

Допустим, имеется репозиторий (хранилище) учебных объектов, охарактеризованных в соответствии с предложенной моделью. Тогда можно говорить о задаче формирования электронного учебного курса  $C$ , направленного на изучение множества понятий  $D$  на заданном уровне  $F$ .

При предложенном подходе алгоритм формирования ЭУК выглядит следующим образом:

1-й этап — формирование покрытия множества понятий курса учебными объектами из репозитория УО;

2-й этап — упорядочивание отобранных УО: изучение понятий из числа входных должно предшествовать изучению выходных понятий любого модуля.

Для конкретизации предложенного алгоритма определим некоторые операции над множествами значений показателей уровня усвоения понятий:

Пусть имеется два множества значений показателей уровня усвоения понятий  $G^1 \{g^1_i\}$  и  $G^2 \{g^2_i\}$ ,  $i = 1..K$ , тогда для этих множеств можно определить следующие операции и отношения:

1. Пересечение  $G^1 \cap G^2 = G\{g_i : g_i = \min(g^1_i, g^2_i)\}$
2. Объединение  $G^1 \cup G^2 = G\{g_i : g_i = \max(g^1_i, g^2_i)\}$
3. Включение  $G^1 \subseteq G^2 = g^1_i \leq g^2_i, i = 1..K$

Учебный объект  $L_i$ , включаемый в покрытие, должен удовлетворять следующим требованиям:

$$\begin{cases} G \subseteq F \\ G \cap F \neq \{0\}, \end{cases}$$

где  $F$  — требуемый уровень усвоения.

Таким образом, на первом этапе в покрытие будут включены те УО, которые уточняют требуемые понятия.

Предложенный подход можно проиллюстрировать на примере использования учебных объектов при формировании Курса С на основе Курса А и Курса В (рис. 1).

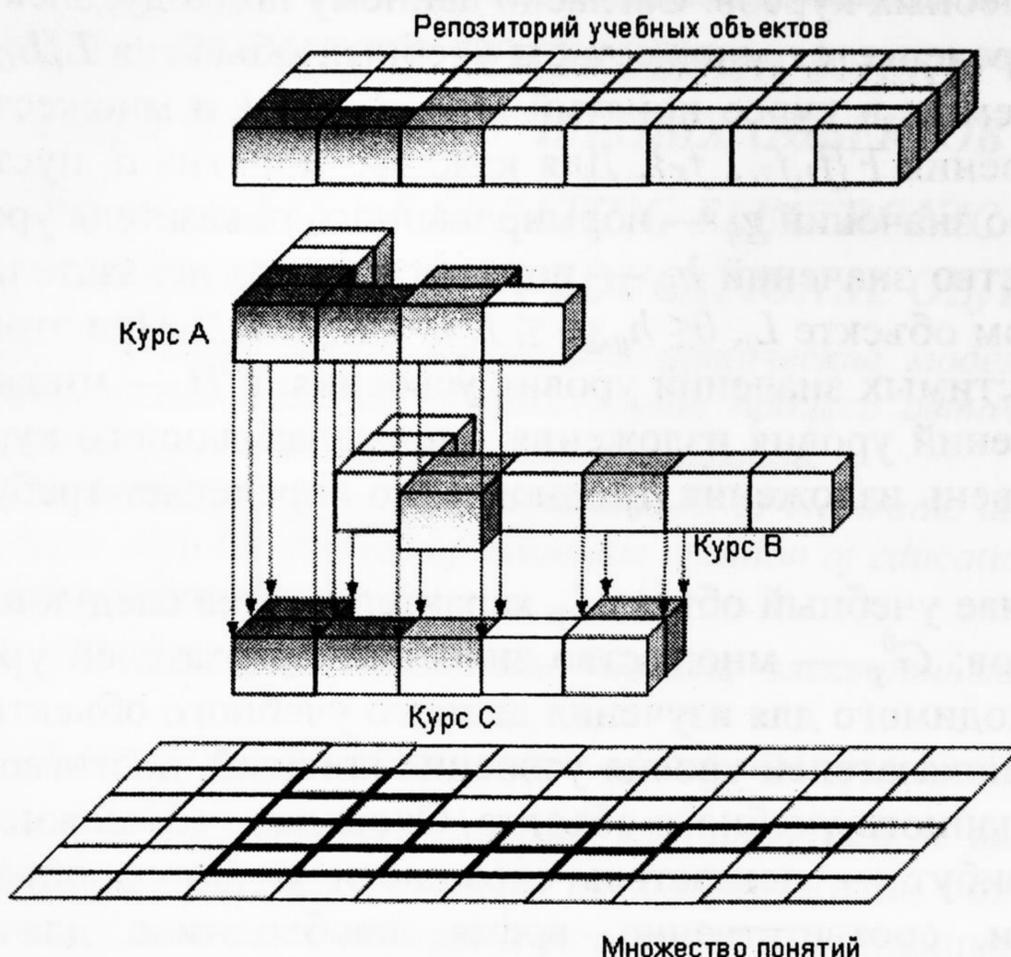


Рис. 1. Пример использования разделяемых учебных объектов

На следующем этапе формирования ЭУК выполняется ранжирование отобранных УО. В результате строится ориентированный граф  $G_g$ , вершинами которого являются учебные объекты  $L_i$ , а связи определяют возможность перехода от одного учебного объекта к другому.

Построение графа происходит по шагам. На каждом шаге из отобранных объектов выбирается тот, который соответствует условию  $G_i^0 \subseteq S$ , где  $S$  — текущий уровень усвоения. Для формирования универсального курса логично выбрать в качестве начального уровня  $S = \{0\}$ .

После добавления объекта в граф текущий уровень усвоения определяется следующим образом:  $S = S \cup G_i$ .

Очевидно, что на каждом шаге может быть найдено несколько объектов, удовлетворяющих условию  $G_i^0 \subseteq S$ . Тогда в результирующем графе формируется альтернативный путь (рис. 2).

Практическая реализация подхода требует унификации и стандартизации характеристик УО. На сегодняшний день разработано несколько стандартов описания учебных объектов, наиболее употребляемым из которых является стандарт IEEE LOM (Learning Object Metadata) [1]. Предложенная математическая модель учебного объекта не противоречит стандарту LOM и может рассматриваться как его расширение.

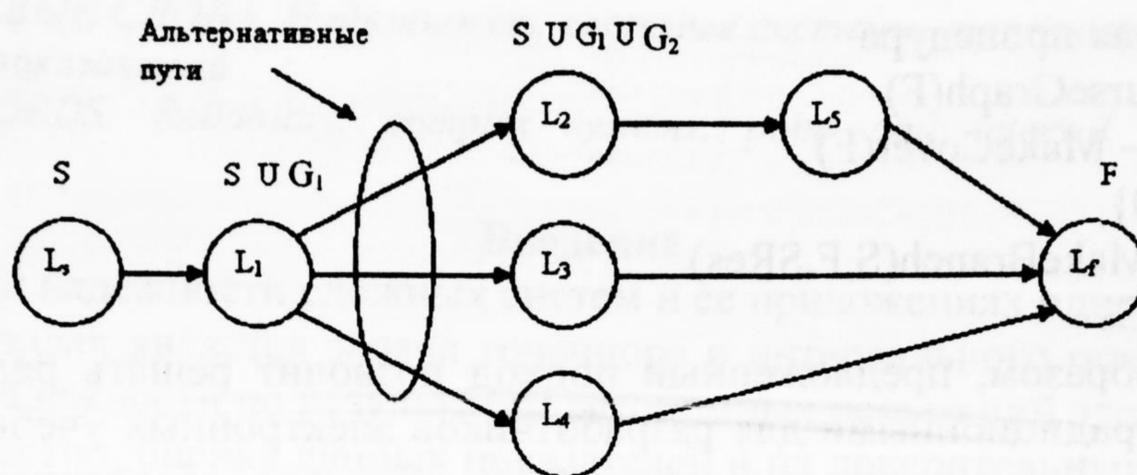


Рис. 2. Граф учебных объектов

С технологической точки зрения наиболее перспективным видится использование для описания УО языка разметки XML и реализации репозитория объектов в виде реляционной БД. Тогда процесс формирования ЭУК будет представлять собой выполнение и анализ результатов запросов к базе данных.

Приведем возможную реализацию предложенного алгоритма на псевдоязыке:

//Операции над множествами

Intersect(S1,S2)

1 for  $i \leftarrow 0$  to size(S1)

2 do  $R[i] = \min(S1[i], S2[i])$

3 return R

ZeroSet(S)

1  $t \leftarrow \text{true}$

2 for  $i \leftarrow 0$  to size(S)

3 do  $t \leftarrow t \text{ and } (S[i] \diamond 0)$

4 return t

Include(S1,S2)

1  $R \leftarrow \text{Intersect}(S1, S2)$

2 return  $S2 = R$

Union(S1,S2)

1 for  $i \leftarrow 0$  to size(S1)

2 do  $R[i] = \max(S1[i], S2[i])$

3 return R

//Формирование покрытия

MakeCover(F)

1 SRes  $\leftarrow$  SELECT  $L_i$  FROM Репозиторий WHERE not ZeroSet(Intersect( $L_i.G$ , F)) AND Include(F,  $L_i.G_i$ )

2 return SRes

//Рекурсивное построение графа

MakeBranch(S,F,SRes)

1 B  $\leftarrow$  пустой граф

2 if непусто(SRes) and  $S \diamond F$

3 do L  $\leftarrow$  select  $L_i$  from SRes where Include( $S, L_i.G_0$ )

4 for  $i \leftarrow 0$  to size(L)

5 do NS = Union( $S, L[i].G$ )

6 NSRes = SRes — L[i]

7 Add(B, MakeBranch(NS, F, NSRes))

8 return B

```
//Основная процедура  
MakeCourseGraph(F)  
1 SRes ← MakeCover(F)  
2 S ← {0}  
3 Gs ← MakeBranch(S,F,SRes)  
4 return Gs
```

Таким образом, предложенный подход позволит решать ряд задач, являющихся традиционными для разработчиков электронных учебных курсов, таких как: отобрать подмножество учебных объектов, обеспечивающих максимально высокий уровень изложения заданной системы понятий, при условии ограничения времени на изучение курса  $t_{общ}$  некоторым значением  $t_{крит}$ ; построить индивидуальную траекторию и определить время, необходимое для изучения некоторого подмножества понятий на заданном уровне.

Предложенная модель может быть применена для постановки и решения задачи проектирования иерархии классов учебных объектов, содержание которых ориентировано на заранее заданные уровни изучения отдельных понятий и курса в целом. На данный момент такая задача является актуальной в связи с переходом к многоуровневому образованию в условиях поэтапного формирования системы компетенций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Draft Standard for Learning Object Metadata. IEEE Standard 1484.12.1. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002.
2. Захарова И.Г., Ланг Я.В., Охотникова Е.С. Математические модели вариативных электронных учебных курсов // Вестник ТюмГУ. 2008. № 6.
3. Норенков И.П. Управление знаниями в информационно-образовательной среде // Научно-образовательный портал ИНЖЕНЕР, 2009. [http://engineer.bmstu.ru/journal/publications/norenkov\\_men\\_know.phtml](http://engineer.bmstu.ru/journal/publications/norenkov_men_know.phtml).

*Алексей Владимирович МАЕР —  
преподаватель кафедры программного обеспечения  
и автоматизированных систем  
Курганского государственного университета  
alex\_povt@mail.ru*

УДК 519.248

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ AUTOMATED PROGRAM COMPLEX FOR MODELLING OF THE RELIABILITY OF COMPLEX SYSTEMS**

**АННОТАЦИЯ.** В работе рассматривается автоматизированный программный комплекс для моделирования надежности сложных технических систем. Для статистического моделирования результатов испытаний в условиях ограниченных выборочных данных используется бутстреп-процедура, а при расчете показателей надежности — методы непараметрической статистики.

**SUMMARY.** In the present work, an automated program complex for modelling the reliability of complex technical systems is described. A bootstrap procedure is used for statistical modelling of test results under conditions of limited sample data, and methods of non-parametric statistics are used to calculate the reliability characteristics.