

# АВТОМАТИЗИРАНО ГЕНЕРИРАНЕ НА ПЕРСОНАЛИЗИРАНИ УЧЕБНИ ПЪТИЩА ЧРЕЗ АСПЕКТИ В МНОГОМЕРНИ ПРОСТРАНСТВА

*Георги Пашев, Георги Тотков*

*Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“  
{georgepashev, totkov}@uni-plovdiv.bg*

**Резюме:** *Работата представя система за адаптивно генериране на персонализиран учебен курс чрез избор на учебни материали, най-подходящи за постигане на конкретни цели, зададени абстрактно чрез функции/предикати. Предлага се алгоритъм за генериране на персонализирани учебни пътища, използващ функционалности от система, емулираща функционалности от многомерна СУБД.*

**Ключови думи:** *адаптивно е-обучение, генериране на е-курс, акумулативен тест, акумулиране на метаданни, ревизирана таксономия на Блум*

## 1. Въведение

В контекста на е-обучението, равнището на персонализация е мярка за качество и ефективност за обучението. Казано по друг начин, учебните пътища е целесъобразно да се различават един от друг на базата на поставените учебни цели, познанията, мотивацията и индивидуалните стилове на учене на обучаваните. На базата на тези персонални характеристики, обучаван може да „премине“ курса по един или повече учебни пътища. Ако е персонализирано, учебното съдържание е по-подходящо и разбираемо за обучавания в контекста на неговите лични цели и постижения [15, 5, 16, 14].

Подробен обзор по въпросите за персонализация и адаптация на процеси за е-обучение и за разработването на инструменти за създаване на учебни обекти (УО) – елемент на учебните пътища, е представен в [14, 15]. Ще отбележим, че поддръжката на различни аспекти на персонализацията и адаптацията на съответните инструменти не е на желаното равнище на абстракция – много често зависи от конкретния начин, по който се предполага, че УО ще се комбинират, за построяване на учебен път (УП) за „преминаване“ през е-курс, или за постигане на учебните цели. Подборът на УО за включване в УП обикновено почива на прекалено опростени принципи, не е съобразен с необходимостта от моделиране или следване на по-сложни стратегии за обучение.

В системи като ANA! [5] и ELM-ART [16] подборът на поредния УО за включване в УП, става стъпка по стъпка, чрез т. нар. „анотация на връзки“ [4]. В [2, 10], например, поредицата УО се дефинират статично. В други системи,

като Lescomps [13] например, се използва по-сложна техника – абстрактна машина, използваща ограничителна логика за създаване на курс и поредица.

## 2. Използван подход

Модел на заявка за обучение е наредената 5-орка:

$$M_C = \langle C_N, C_G, T, S, S_G \rangle, \text{ където:}$$

а)  $C_N$ : **име на курса**;

б)  $C_G = \{C_{G_i} : i \in \mathbb{N}, i = \overline{1, o}\}$ ,  $o, i \in \mathbb{N}$  е **множеството от учебни цели** на курса ( $C_{G_i} = (G_{N_i}, F_{p_i})$ ) е учебна цел с име  $G_{N_i}$  и множество от функции,  $F_{p_i} = \{F_{p_{ij}}, j = \overline{1, p}, j, p \in \mathbb{N}\}$ ,  $F_{p_{ij}}: S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \rightarrow \alpha; \alpha \in \mathbb{R}$ , свързани с нея;

в)  $T = \{T_k : k = \overline{1, q}; k, q \in \mathbb{N}\}$  е **множеството от преподаватели**, ( $T_k = (N_{t_k}, M_{t_k}, B_{x_{T_k}})$ ) е преподавател в курса с име  $N_{t_k}$ , системен идентификатор  $M_{t_k} = id(T_k)$  ( $M_{T_k}: T_k \rightarrow \beta; \beta \in \mathbb{N}; B_{x_{T_k}}: B_{x_{T_k}} \in B_x$ );

г)  $S = \{S_l : l = \overline{1, r}; l, r \in \mathbb{N}\}$  е **множеството от обучавани** в курса, където

$S_l = (I_{S_l}, F_{S_l}, N_{S_l}, M_{S_l}, B_{x_{S_l}})$  е обучаван в курса с идентификатор  $I_{S_l}: S_l \rightarrow v; v \in \mathbb{N}$ , факултетен номер  $F_{S_l}$ , име  $N_{S_l}$ , системен идентификатор  $M_{S_l}; B_{x_{S_l}} \in B_x$

д)  $S_G = \{S_{G_m} : m = \overline{1, s}; m, s \in \mathbb{N}\}$  е **множеството на групи обучавани**  $S_{G_m} = (I_{S_{G_m}}, N_{S_{G_m}}, S_{S_{G_m}})$  с идентификатор  $I_{S_{G_m}}: S_{G_m} \rightarrow \xi; \xi \in \mathbb{N}$ ; име  $N_{S_{G_m}}$  и  $S_{S_{G_m}} \subseteq S$ .

е)  $B_x = \{B_{x_t} : t \in \mathbb{N}\}$  и  $B_{x_t}$  е атрибут с произволно име и стойност.  $name: B_{x_t} \rightarrow p; p: string$  е име на атрибут. Изпълнено е условието за уникалност на имената, а именно за  $\forall(k, p): name(B_{x_k}) \neq name(B_{x_p}), k, p \in \mathbb{N}; k \neq p$ .

Моделът на провеждано персонализирано е-обучение под формата на работни потоци от УО за всеки обучаван от гледна точка на преподавателя е резултат на заявка за постигане на списък от определени учебни цели. Освен това, при осъществяването на е-обучение, в рамките на формирания работен поток, на преподавателя би трябвало да се предоставят възможности за преглед и редакция на вече зададени цели, вкл. и за формиране на нови. При редактиране на конкретна учебна цел възможностите са – добавяне, промяна, или премахване на функция от множеството функции/предикати, съпровождащо целта. Съпровождащото множество задава целта като точка в

n-мерно пространство, в което координатните оси съответстват на функциите/предикатите.

С цел постигане по-голяма универсалност при моделирането и в последствие проектирането и създаването на адаптивен софтуер, в текущата работа се създава модел на аспект в многомерно пространство. Това позволява различни УО, представени като точки в многомерни пространства, да бъдат разглеждани в контекста на различни многомерни пространства при различни функции за разстояния в тях, различни измерения в тях.

### Модел на аспект в многомерно пространство

$D_L$  е функция за разстояние в пространството за аспект

$$D_L: P_{L_{x_1}} \times P_{L_{x_2}} \rightarrow a_1; a_1 \in \mathbb{R}; x_1 \neq x_2; x_1, x_2 = \overline{1, |P_L|}; x_1, x_2 \in \mathbb{N};$$

$$P_L \text{ е множество от точки в аспект; } P_L = \{P_{L_n}; n = \overline{1, t}; n, t \in \mathbb{N}\};$$

$D_{M_L}$  е множество от измерения, като  $d_\mu \in D_{M_L}$ ;  $D_{M_L} = \{d_\mu; \mu = \overline{1, \delta}; \mu, \delta \in \mathbb{N}\}$ ;  $V_L$  е стойност на точка в измерение, като:  $V_L: P_{L_j} \times d_k \rightarrow \rho; \rho \in \mathbb{R}$ ;

$$j = \overline{1, t}; k = \overline{1, \delta};$$

Модел на аспект в многомерно пространство е 6-ката  $L = (I_L, N_L, D_L, P_L, D_{M_L}, V_L)$ , където:

а)  $I_L: L \rightarrow z; z \in \mathbb{N}$  е идентификатор на аспект;

б)  $N_L$ : е име на аспект ;

### Модел на обучаван в курс

Модел на обучаван  $S_M$  в курс е наредената тройка  $M_S = \langle S_M, L_M, P_M \rangle$  където:

а)  $S_M \subseteq S$  е текущия обучаван;

б)  $L_M = \{L_\tau; \tau = \overline{1, \pi}, \tau, \pi \in \mathbb{N}\}$  са аспектите, в които се разглежда  $S_M$ ;

в)  $P_M$  е функция за обучаван в аспект,  $P_M: S_M \times L_{M_\lambda} \rightarrow \sigma; \sigma \in P_{L_M}$ .

### Модел на учебни материали и дейности

Преподавател може по всяко време да регистрира в множество от курсове УО. Ако желае, може да въведе и метаданни за тях. По този начин тази учебна единица може да започне да се включва в УП, предлагани на обучаваните, стига метаданните да се съгласуват с учебните цели, зададени от преподавателя. В по-обща ситуация обаче, в заявка за провеждане на обучение преподавателят може да включи учебната единица, без тя да е съпроводена от „свои“ метаданни. В този случай е необходимо да е

интегриран специфичен механизъм за автоматизирано генериране на необходимите метаданни.

Примерни функции/предикати за описание на учебни цели в курса, както и за метаданни на учебни единици са дадени в табл. 1.

Предикат	Кратко описание
Predecessor (понятие <sub>1</sub> , понятие <sub>2</sub> )	Понятие 1. се изучава преди понятие 2.
Init_concept понятие (Понятие <sub>1</sub> )	Обучението започва с изучаване на Понятие 1.
Seen(понятие, слой, ресурсна функция) = стойност на ресурсна функция	Функция, указваща, че обучаваният трябва да е видял учебен материал/комбинация от учебни материали, описващ/и така зададената цел
Learned (понятие, слой, ресурсна функция) = стойност на ресурсна функция)	Функция, указваща, че обучаваният трябва да е научил действително учебен материал/комбинация от учебни материали, описващ/и така зададената цел
Resource (Материал)	Предикат, задаващ задължително включване на учебен материал в УП
Author (Автор)	Предикат, задаващ задължително включване на учебни материали от определен автор

Таблица 1. Примерни предикати

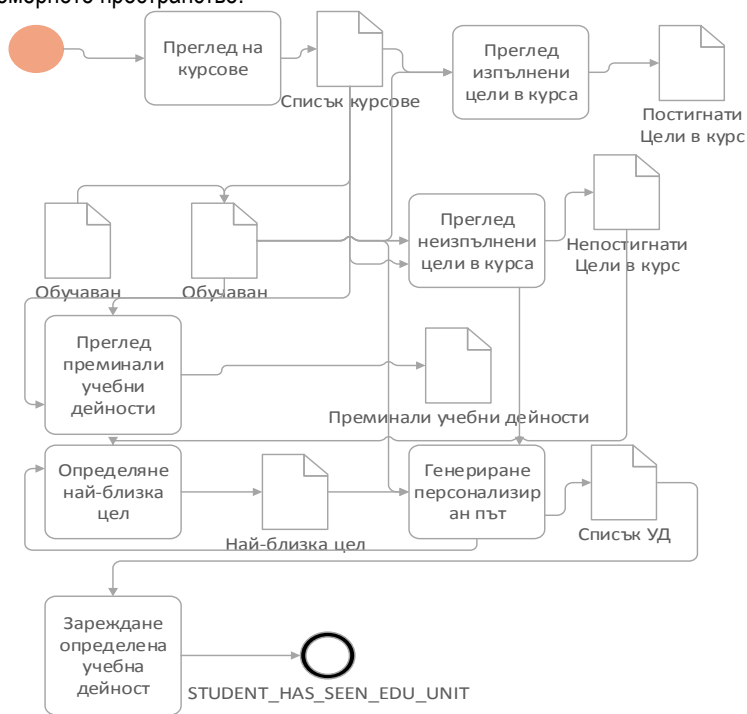
При включване на учебен обект в заявка за обучение, същият получава предимство за включване в УП с цел, предоставяне и изучаване от обучавани, със следващо генериране на специален УО от т. нар. „акумулативен тестов тип“ [6]. Акумулативният УО по същество е задание за анотация от обучавани на предявен УО от гледна точка на неговото учебно съдържание, и по същество предоставят на обучаваните ролята на експерти в ИПО, които имат за задача определяне на необходимите метаданни за УО. На базата на въведените (по специален въпросник) екземпляри от метаданни, преподавателят (или експерт в ИПО) може не само автоматизирано да определи експертния набот от метаданни, но и да оцени степента на познаване на същността на УО от обучаваните.

Модел на информационна единица  $M_l$  е двойка  $M_l = \langle N_l, H_l \rangle$ , където  $N_l$  е името на информационната единица, а  $H_l$  е крайно множество от тройки  $H_l = \langle C, L_c, f_c \rangle$  със  $C$  – понятие в Изучавана предметна област (ИПО),

$L_c \in L$  – аспект за понятието  $C$ , и  $f_c: C \times L_c \rightarrow S_1 x S_2 x \dots x S_n$  – ресурсна функция [14].

## Работни потоци на обучаван в курс

Формирането на работния поток от учебни дейности на обучаван е представен на фиг. 1. В началото обучаваният има възможност да избере някой от адаптивните е-курсове, предназначени за него. При избор на текущ е-курс се визуализират<sup>1</sup> списъците от постигнати и непостигнати (все още) учебни цели, както и на учебните единици от УП, по които е „работил“ обучаваният – с възможност за повторен достъп или доработка. Обучаваният може и да избере нова учебна цел за постигане. Целите са подредени според „близост“ до текущото състояние на обучавания, представено с точка в многомерното пространство.



Фигура 1. Работен поток на обучаван

В този смисъл, първата цел в списъка с непостигнати учебни цели е най-лесна за постигане. Обучаваният, обаче, може да избере и по-далечна цел като следствие от неговата мотивация за по-бързо, и в по-напрегнат режим на учене, постигане на „по-висока“ цел. При избор на конкретна цел, се

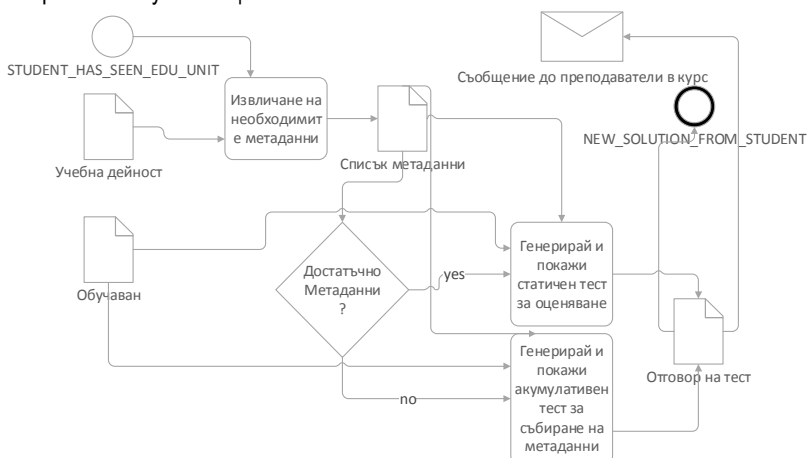
<sup>1</sup> Представянето на архитектурата, функционалните спецификации и прототипа на система, реализираща разработените модели ще бъде дадено на друго място.

преминава към генериране на персонализиран учебен път за обучавания (съответният алгоритъм, в термините на многомерното пространство е скициран на фиг. 3.). Генерираният персонализиран учебен път представлява списък от нови учебни обекти, които обучаваният трябва да „премине“ успешно, за да постигне учебната цел.

Всяка една от учебните обекти в УП може да е съпроводена (или не) с достатъчно изчерпателни метаданни, които определят местоположението ѝ в Пространството. Ако учебната единица е наскоро добавена се предполага, че акумулираните метаданни, вероятно, все още не са адекватни на нейното съдържание.

За определяне на условието за достатъчност на наличните метаданни се използва метрика: брой проведени генериращи акумулативни тестове за съответната учебна единица. При сравнително малък брой, на обучаваният се предлага **автоматично генериран акумулативен тест**. След като обучаваният изпълни теста, се изпраща сигнал към преподавател, че е предложено ново решение, което трябва да бъде проверено и оценено. При оценяване от преподавателя на отговор като правилен, той автоматично формира функция/предикат (и метаданни), с която съответната учебна единица ще продължи да участва в е-обучението и при автоматичното генериране на учебни пътища.

Важен въпрос при адаптивните системи, които генерират учебни пътища е – с какви тестове да се оценяват знанията на обучаваните. Първоначално тези тестове не присъстват в описанието на курса, ако той се описва абстрактно – с учебни цели за постигане.



Фигура 2. Подпроцес „Автоматизирано генериране на метаданни“

В тази посока е предложена методика и система за реализация на подпроцес „автоматизирано генериране на метаданни“ (фиг. 2.), която интегрира специфична двумерна рамка по разширената таксономия на Блум (РТБ) [3] (наричана по-нататък „Рамката“). На всяка метаданна по тази методика отговаря еднозначно определена клетка в Рамката, с конкретен тип отворен въпрос. При вече известна стойност на предикат, оценена като вярна от преподавател, се знае и верният/те отговор/и на въпроса. Следователно, от наличните метаданни за учебна единица може да се генерира тест, с който да се проверят знанията/уменията на обучавания на различни равнища по таксономията на Блум (Запаметяване, Разбиране, Приложение, Анализ и т.н.). Тази особеност се използва от адаптивната система, която (при условие, че има достатъчно метаданни за тази учебна единица) стартира модул за генериране на акумулативни тестови единици [6] на различни равнища по РТБ, който генерира подходящ тест по наличните метаданни.

Понеже верните отговори са на разположение, оценката може веднага да се генерира. При преподавателска реакция и получена окончателна оценка, текущото състояние на обучавания се актуализира като позиция в Пространството.

### Генериране на пресонализирани учебни пътища

```

studPoint = RVec(SO); {Локализиране на
студентска точка в Многомерно пространство (МП) }
/*Проверка за съществуване на максимален
радиус на достижимост.* /
maxReachRadius=((a=V_L
(studPoint,[maxReach,[SO]]))==null)
?MAX_RADIUS_VAL:a;
/*Списък от непостигнати Цели на курса (CGs)
за обучавания, подредени по близост спрямо него;*/
uncompCGs=orderTo(studPoint,searchGE(studPoint,
maxReachRadius, "isCourseGoal = 1 AND
CompletedBY("+SO.ID+") <> 1"))
/*Ако няма CGs, достижими от обучавания,
eLP_GA прекъсва;*/
if(incompCGs.length===0) exit("No course goals
available right now.");
/*Избор на първия от достижимите CGs като
текуща цел.* /
selCG=uncompCGs[0];

```

```
/*Инициализация празен списък от УД*/
retLAs=[];

/*Проверка дали selCG съдържа задължителни
LAs за избор и ако да, попълни retLAs с тях.*/
V_L(selCG,[(obligLA,[:id_CG])]).foreach(function
(dimObject){retLAs.push(getLA(dimObject.val))});
/*Премахни всички obligLA измерения от selCG
в паметта RAM.*/
V_L (selCG,[(obligLA,[:id_CG ])]).
foreach(function(dimObject){dimObject=null});
while(1){
/*Добави/модифицирай измерения и
стойности на измерения за всички retLAs да станат
измерения на studPoint;*/
foreach(curRetLA in
retLAs){V_L(curRetLA).foreach(function(dimObject){
studPoint.addOrUpdate(dimObject)}})
/*Избор на всички УД в potentialLAs в
радиуса на достижимост maxReachRadius и studPoint
като базова отправна точка, подредени по
разстояние към studPoint. УД трябва да са били
предлагани на обучавания преди <= 3 пъти.*/

potentialLAs=orderTo(studPoint,searchGE(studP
oint,maxReachRadius,"isLA = 1 AND
prevPresentedTo("+SO.ID+"<3"));
C: /*Проверка дали studPoint има всички
стойности на измерения по-големи или равни от тези
на selCG, т.е. дали studPoint е постигнала
selCG;*/

if(isGE(studPoint, selCG)){

exit("successful path
generation", retLAs);
}
if(potentialLAs.length===0)
exit("Error: no suitable LAs found");
curLA = potentialLAs[0];
potentialLAs.shift();
```



```
        curLA.push( curLA ) ;
V_L( curLA ) .foreach( function( dimObject ) { studPoint .a
ddOrUpdate( dimObject ) } ) ;
    goto C ;
}
```

Фигура 3. Псевдокод на алгоритъм за генериране на персонализирани УП

## Заклучение

Настоящата работа представя решение в областта на адаптивното е-обучение, иновативно в следните гледни точки:

- въвеждане на ново равнище на абстрактност „аспект“, което позволява учебни обекти, включвани в адаптивно е-обучение да се разглеждат (вкл. за различни системи от метаданни) от различни гледни точки (аспекти), което дава възможност за постигане на универсалност на имплементациите;
- поддръжка на абстракция „учебна дейност“, която позволява специфична имплементация на тестване и оценяване за всеки отделен тип учебна дейност;
- не е необходимо предварително попълване на метаданни за ползваните УО – това става част от самия процес на е-обучение (чрез автоматизирано генериране на акумулативни тестове на базата на двумерна РТБ и включване в УП на обучаваните);
- генериране на тестове за включване в УП на базата на акумулирани (или по-рано създадени) метаданни с цел оценяване на обучаваните и др.

## Литература

1. Anderson, L., Krathwohl, D. R. (Eds.). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition, New York Longman, 2001.
2. Baldoni, M., Baroglio, C., Brunkhorst, I., Marengo, E., and Patti, V. "Reasoning-Based Curriculum Sequencing and Validation: Integration in a Service-Oriented Architecture" In EC-TEL 2007, LNCS 4753, pp. 426-431.
3. Bloom, B. Taxonomy of Educational Objectives. Published by Allyn and Bacon, Boston, MA Copyright (c) 1984 by Pearson Education (1956).
4. Brusilowsky, P. "Adaptive Hypermedia" Journal of User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol. 11, 2001.pp. 87-110.
5. De Bra, P., Smits, D., and Stash, N. "Creating and delivering adaptive courses with ANA" In EC-TEL 2006, pp. 21-33.
6. Костадинова Хр., Тотков, Г., Благоев, Д. Автоматизирано генериране на метаданни за Учебни Обекти, Четвърта Национална Конференция Обучението в Информационното общество“, 26-27 Май 2011, Пловдив, стр. 44-52.

7. Kostadinova, Hr., Totkov, G., Indzhov, Hr. Adaptive E-learning System Based on Accumulative Digital Activities in Revised Bloom's Taxonomy, CompSysTech'12, 22-23 June 2012, Ruse, Bulgaria, pp. 368-375.
8. Mangan, P. and Sadiq, S. On building workflow models for flexible processes. In Proceedings of the 13th Australasian database conference - Volume 5 (ADC '02). Australian Computer Society, Inc., Darlinghurst, Australia, 2002. pp. 103-109.
9. Пашев Г., Тотков Г.; Динамично определяне на персонализирани учебни пътища; Национална конференция "Обучение и изследвания в Информационното общество", Пловдив, Май, 2014; Институт по Математика и информатика БАНАсоциация за развитие на информационното общество, стр. 161-170
10. Sangineto, E., Capuano, N., Gaeta, and M., Micarelli, A. Adaptive course generation through learning styles representation, Universal Access in the Information Society (UAIS), Vol. 7(1-2), 2008, pp. 1-23.
11. Shamos, M. I. and Hoey, D. J. "Closest-Point Problems." Proe. 16th Annual Symposium on Foundations of Computer Science. October, 1975.
12. Shute, V., B. Towle, Adaptive E-learning. Educational Psychologist Volume: 38, Issue: 2, Publisher: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 10, 2003, pp. 105-114.
13. Sterbini A, and Marco Temperini Adaptive Construction and Delivery of Web-Based Learning Paths, 39th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, October 18-21 2009, San Antonio, TX, W1C1-6.
14. Totkov G., Somova, E., Sokolova, M. Modelling of e-Learning Processes: an Approach Used in Plovdiv e-University, Int. Conf. on Computer Systems and Technologies (e-learning), Comp-SysTech'04, 17-18 June 2004, Rouse, IV.12.1 – IV.12.6.
15. Тотков и други; Модул PUAdapt, Модерни тенденции в е-обучението, ISBN 978-954-8852-46-3; Пловдив, 2014, стр. 162-173
16. Weber G., and Brusilovsky P. Elm-art: An adaptive versatile system for web-based instruction." Int. Journal of AI in Education, Vol.12(4), 2001, pp. 351-384.

## AUTOMATIZED GENERATION OF PERSONALIZED LEARNING PATHS THROUGH ASPECTS IN MULTIDIMENSIONAL SPACES

**Abstract:** *The paper presents a system for adaptive personalized generation of learning paths in the context of defined learning goals, which are abstractly defined in the course through functions/predicates. An algorithm for Generation of Personalized e-learning paths is proposed, which makes use of some functionality of a system, emulating a multidimensional database system.*