

АВТОМАТИЗИРАНО СЪЗДАВАНЕ НА МЕТАОПИСАНИЯ И КАЛИБРИРАНИ ТЕСТОВИ БАНКИ В Е-ОБУЧЕНИЕТО

Христина Костадинова, Георги Тотков

ЮЗУ „Неофит Рилски“, ПУ „Паусий Хилендарски“
kostadinova@swu.bg, totkov@uni-plovdiv.bg

Резюме: Изграждането на е-курсове включва описание на учебни обекти (материали и дейности), чрез метаданни и създаване на учебно съдържание, включително е-тестове за оценяване на знанията на обучаваните. В работата се представя подход за автоматизирано създаване на калибрирана банка от тестови единици, който може да се използва и за генериране на метаданни за учебни обекти. Методът се базира на оценяване и акумулиране на отговори на обучавани, преподаватели или експерти на подходящи въпроси от отворен тип, в процес на е-обучение. Динамичното калибриране на банката от тестови единици се гарантира с отчитане на съответни параметри на оценката на тестовите единици и дава възможност за реализиране на адаптивни е-тестове. Проектирането и реализацията на предложения акумулативен метод включват осигуряване и поддържане на връзки между учебните обекти, тестовите въпроси, чрез които се извличат данни за тях и генерираните метаданни.

Ключови думи: тест, акумулативна тестова единица, метаданни за учебни обекти, тестова система, банка от тестови единици, генериране на метаданни.

1. Въведение

Важна роля за изграждане на ефективни електронно базирани курсове (е-курсове) играе точното описание на включените в програмата на съответната дисциплина учебни обекти (УО) и използване на подходящи средства за определяне на равнището на знания на обучаваните. Широко разпространено средство за оценяване на нивото на постигнатите резултати е **тестовото изпитване** за надеждността, на което от голямо значение е качеството на включените в **тестовата банка** въпроси. Визитката на УО се формира от съответните **метаданни**, използването, на които улеснява **търсенето, извличането, споделянето и мултиплицирането на УО** и осигурява **адаптивност** при предоставяне на съдържанието на е-курсовете за обучаваните като повишава **ефективността на управлението на системите за е-обучение (СеО)** [5].

Процесът по проектиране и реализиране на е-тестове се състои от няколко основни компонента: създаване на тестова банка, дизайн на е-тест, предоставяне на е-теста за решаване от обучаваните, оценяване - съпоставяне на оценките на тестовите единици (ТЕ), анализиране на

получените резултати за ТЕ, чрез статистическа обработка на съхранените данни [9].

Съставянето и въвеждането на метаданните е дълъг и труден процес, в който се ангажират висококвалифицирани специалисти в съответните области или експерти по въвеждане на метаданни. Естествено се появява и идеята за автоматизиране на генерирането, с цел увеличаване на ефективността при създаването на е-курсове.

Основен стандарт в областта на метаданните за обекти, използвани в обучението е LOM [4], според който метаданните (на брой 58) са разпределени в девет групи: 1. Основни (General), 2. Продължителност на съществуване (Life Cycle), 3. Данни за метаданните (Meta-Metadata), 4. Технически характеристики (Technical), 5. Образователни (Educational), 6. Права (Rights), 7. Връзки (Relation), 8. Анотация (Annotation) и 9. Класификация (Classification).

Повечето методи за генериране на метаданни използват техники като извличане на данни от *физическия файл*, търсене в *хранилища с метаданни* или различни *лингвистични подходи* за откриване на ключови думи и фрази [3, 7]. Посочените подходи ‘пропускат’ голяма група от метаданни, зависещи от контекста на съответния учебен материал (например – неговата трудност [1]). За преодоляване на посочения пропуск в работата се предлага метод за динамично генериране на метаданни в процеса на виртуално обучение [11]. Описан е подход в основата, на който стои идеята за използване на цифровизираната учебна дейност (е-дейност) „тестово изпитване“ за натрупване и оценяване на отговори на обучавани чрез специално подготвени за целта ТЕ от отворен тип.

2. Автоматизирано създаване на калибрирана банка от тестови единици

Автоматизирането на процеса по създаване на е-тестове се състои от няколко основни етапа, съществена част, от които заема генерирането на **калибрирана банка от ТЕ** – съвкупност от оценени ТЕ, чиято целесъобразност и надеждност е проверена при няколко различни групи от обучавани [8]. При съставянето на голям брой подходящи въпроси от различни типове, които да участват в процеса на изпитване играят роля множество фактори: *целевата група* (интереси, предпочитания, равнище на знания на обучаваните и др.), *ефективността в процеса на е-обучение* (качеството и реда на представяне на включените в курса материали и дейности), *изучавана предметната област (ИПО)*, в която се извършва изпитването и т.н. Възможен метод за отчитане на тези фактори при изграждане на банката от ТЕ, който намалява значително разходите на време и преподавателски труд е да се използват т. нар. **акумулативен подход**, същността, на който се

заклучава в натрупването и оценяването на отговори на обучавани на ТЕ от отворен тип – **акумулативни ТЕ (АТЕ)** в процеса на тестово изпитване [6]. Това са т.нар. **въпроси-шаблони**, които в общия случай не зависят от конкретна ИПО и осигуряват първоначално създаване на тестовата банка от „нулата”. Тези ТЕ се предоставят за отговори на група от обучавани, които в края на първи етап на натрупването, след приключване на процедурата по оценяване вече имат съответно множество от верни и грешни отговори [12]. За всеки от получените верни отговори се съхранява информация колко пъти е бил посочван, въз основа на която се определя и неговата трудност. Същата схема се прилага и в случая с грешните отговори, които се използват като дистрактори във въпроси с многовариантен избор.

Процесът на адаптивно тестово изпитване се моделира като **ориентиран граф (работен поток)** с върхове АТЕ и ребра – връзките между тях, описани в термините на таксономия за определяне на целите в обучението, например когнитивни равнища и типове знания в подобрената таксономия на Блум [2]. Адаптивността се осигурява от съответен алгоритъм за обхождане на графа, като на всяка стъпка динамично се определя подходящото (за всеки обучаван) равнище на трудност [6, 12]. С използването на такъв подход се осигурява **генериране на нови ТЕ и динамично калибриране на банката от ТЕ**.

Етапи в процеса на генериране на калибрирана банка от тестови единици

Етап 1. Генериране на тестови единици

Стъпка 1. Предоставяне последователно на **АТЕ** за отговор от обучавания до достигане на предварително зададена контролна точка в графа, който описва връзките между тях;

Стъпка 2. Стартиране на **процедура по оценяване** на получените отговори;

Стъпка 3. Съхраняване на **верни и грешни отговори** в БД;

Стъпка 4. Определяне на **дискриминативната сила на всяка ТЕ** спрямо натрупаните и оценени отговори от обучаваните по следната формула:

$$DP = \frac{R_U - R_L}{0,5T},$$

където R_U е броят на обучаваните от „силната” група, които са решили вярно ТЕ, R_L е броят на обучаваните от „слабата” група, които са решили вярно ТЕ, а T е общият брой на обучаваните [10].

Стъпка 5. Прилагане на **процедура за селектиране на отговорите**, които ще се използват (от преподавателя, в зависимост от конкретна оценка на всеки от верните и грешните отговори);

Стъпка 6. Генериране на **нови ТЕ** (от различен тип).

Оценените отговори се използват по два начина:

1. Включване на получените и оценени верни отговори в текста на нови ТЕ. Например на въпрос „Посочете основните понятия в материала.“, получените и оценени верни отговори O_1, O_2, \dots, O_n се използват за генериране на следващ въпрос, свързан с предходния – „Опишете понятия O_1, O_2, \dots, O_n “ или „Посочете връзката между понятия O_1, O_2, \dots, O_n “;

2. Употреба на верните и грешни отговори като опции във въпроси с многовариантен избор. Например, ако $O = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$ е множеството от верни отговори, а $D = \{D_1, D_2, \dots, D_m\}$ е множеството от грешни отговори, част от елементите на обединението на множествата O и D , като задължително се включва поне един елемент от O , се използват за опции при ТЕ от тип многовариантен избор. Възможни са различни стратегии за избор на опционалните елементи: на случаен принцип, на базата на оценка на трудността на всеки елемент поотделно или в комбинация с други елементи. В този случай се прилага метод, който избира верните отговори и дистракторите на базата на тяхната натрупана оценка по време на процеса на генериране на ТЕ, т.е. изборът на опционалните елементи се извършва на база на индекса им на трудност, определен по време на първия етап от създаване на калибрираната банка от ТЕ.

Индексът на трудност на дистрактора и верния отговор се определя като се отчита колко пъти всеки един от тях е бил избран за верен отговор по следната формула:

$$P = \frac{O_R}{O}$$

където O_R е броят на посочванията на съответната опция като верен отговор, а O е общият брой на ТЕ, в които участва опцията;

В зависимост от това дали формулата се прилага за верни отговори или за дистрактори, резултатът се тълкува и използва по противоположен начин.

В края на този етап обучаваните се разделят на две условни групи – на „силни“ и „слаби“, на базата на броя на верните им отговори. С приключване на тази фаза, са изпълнени следните необходими предпоставки за започване на процеса на същинско тестово изпитване:

- множество от верни отговори;
- множество от грешни отговори;
- оценка за трудността на всяка АТЕ - процент на верните отговори;
- коефициент на трудност за получените отговори (вярно/грешно);

- индивидуална оценка на всеки от обучаваните въз основа на представянето му и **разделяне** на целевата група на „силни“ и „слаби“.

Акумулирането на тези данни позволява да се започне вторият етап на реалното тестово изпитване, в което от всяка ТЕ, придружена с набор от верни и грешни отговори, се конструират ТЕ от различни типове.

При този подход е възможно осигуряване на адаптивност в процеса на първоначално генериране на банката от ТЕ чрез използване на ниво контролни точки, в зависимост от получените отговори движението по възлите на графа продължава в различни посоки или се прекратява [6, 12].

Етап 2. Тестово изпитване, с генериране на варианти на ТЕ

След първоначално създаване на калибрираната банка от ТЕ, в базата данни (БД) са натрупани тестови въпроси от различен тип със съответните им оценки за трудност и дискриминативна сила. За реализация на същинското изпитване се използват въпроси, чийто тип позволява автоматично оценяване на резултатите и динамично определяне на ТЕ (например въпроси с многовариантен избор) спрямо текущото равнище на трудност и стратегията за избор на ТЕ.

Входните данни, необходими за изграждане на стратегията за обхождане на работния поток, с възли ТЕ от различни нива са:

- **Стартов елемент** – възможен е избор на конкретна ТЕ или равнище, от което се избира ТЕ със зададена трудност или на случаен принцип;
- **Стратегия за движение по възлите на работния поток** – определяне на стъпката при промяна на трудността на следващите ТЕ, максимален брой ТЕ от всяко равнище. Съобразно получената стойност за дискриминативната сила на всяка ТЕ и резултатите на обучавания се избират следващите ТЕ.
- **Критерий за край на теста** – максимален брой ТЕ, конкретна ТЕ или равнище от ПТБ.

3. Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти

Освен, че описват съдържанието на УО, метаданните се отнасят и до други елементи на процеса на обучение. С използване на метаданни, аташирани към съответните УО, се улеснява тяхното търсене и обмен, като значително се повишава качеството на администриране на СеО. От друга страна, създаването и въвеждането на метаданни е трудоемка и висококвалифицирана експертна дейност, което налага търсене на различни начини за тяхното автоматизирано генериране.

Процесът на автоматизирано генериране на метаданни, зависещи от контекста на обучението се състои в използване на е-дейност „тестово изпитване“, като в теста са включени подходящи въпроси за натрупване на

съответните полета от метаданни. Стратегията за осъществяване на този подход изисква извършването на две предварителни стъпки:

Стъпка 1. Създаване на подходящи ТЕ от отворен тип и групирането им в тест, като се отчита възможността за прилагане на различни стандарти за метаданни за УО;

Стъпка 2. Създаване на е-дейност тестово изпитване, която включва използване на създадения тест с помощта, на който се акумулират кандидат-метаданни за съответния УО.

В Таблица 2. са представени примерни акумулативни въпроси, от които може да се състои теста за натрупване на данните. Всеки от тях се отнася до конкретно поле по стандарта LOM и има различно равнище на трудност. Включването им в процеса на обучение като част от стартовата процедура за генериране на ТЕ довежда до събиране на информацията относно УО (материали или дейности) и тестовите въпроси и подпомага изграждането на техните визитки. Използването на АТЕ довежда до повишаване на ефективността при изграждане на учебното съдържание и при осигуряване на адаптивността при избора на УО.

Схемата за реализиране на акумулативния подход се състои в добавяне на теста с ТЕ за натрупване на кандидат-метаданни след всеки от УО, за който трябва да се генерират данните, изграждащи курса. Тестовите могат да бъдат решавани както от експерти в съответната област, така и от обучавани, като паралела между получените резултати ще даде ценна информация и за равнището на знания и компетентността на участващите в тези групи.

Метаданна	Примерни акумулативни въпроси
1.2 Title	Посочете най-подходящото (според Вас) заглавие на УО.
1.4 Description	Резюмирайте (до 200 знака) материала.
1.5 Keywords	Избройте (поне 5) ключови понятия, свързани с УО.
1.6 Coverage	Посочете периода, за който се отнася материала.
	Посочете (поне 3) основни тематични области, свързани с материала (желателно в йерархичен ред).

Таблица 2. Акумулативни ТЕ по стандарта LOM

Всяка група от ТЕ или в частност всяка ТЕ е свързана по съдържание с един или няколко учебни материала или е-дейности, в които се намира информацията, необходима за отговор на съответната ТЕ. Семантичната връзка между ТЕ и УО или група обекти, от които се извлича информация за нея, позволява съотнасяне на полетата с метаданни, описващи съдържанието на УО, към визитката и на ТЕ. Например част от ключовите думи в изучаван

текст характеризират ТЕ, която служи за проверяване на знанията за основните понятия в текста. Свързвайки ТЕ и УО-източник чрез подходящи АТЕ се генерират метаданните за тях, които описват съдържанието им и се натрупва информация за самата ТЕ и равнището на усвояване на материала от обучаваните.

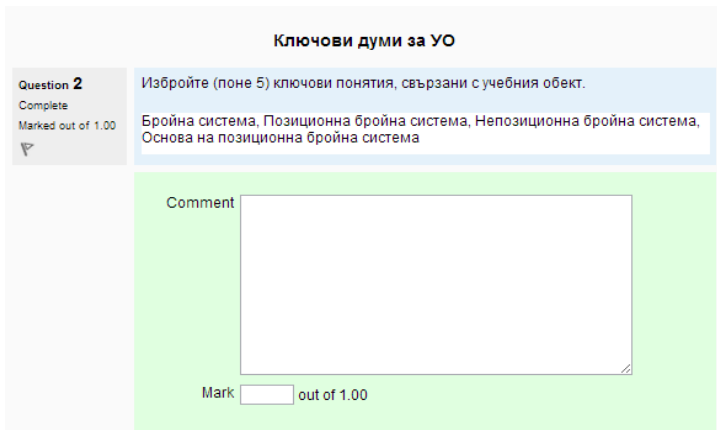
В резултат на включване на въпросите от Таблица 2. в процеса на първоначално акумулиране на отговорите на АТЕ и чрез поддържане на подходящ индикатор за връзките между ТЕ и техните източници (материали или дейности) се осигурява:

- **Автоматизирано генериране на полетата метаданни**, свързани със съдържанието на УО;
- **Оценяване на качеството и трудността на УО**. При оценяване на резултати от съответно тестово изпитване, в което участват ТЕ, носещи информация за даден УО, могат да се направят изводи за съответния източник. Ако резултатите от теста са незадоволителни, една от възможните причини е в качеството на материала-източник;
- Осигуряване **на възможност за адаптивно учебно съдържание**.

Генерирането на метаданните за УО в контекста на процеса на е-обучение включва следните основни етапи:

- Етап 1. Определяне на връзките между теста с АТЕ и УО-източници;
- Етап 2. Стартиране на процеса на първоначално генериране на метаданни;
- Етап 3. Натрупване на кандидат-метаданни за съответния УО, с отчитане на връзката между всяка АТЕ и УО;
- Етап 4. Оценяване на получените резултати и генериране на метаданните за УО;
- Етап 5. Определяне на подходящи УО спрямо получените оценки;

С ТЕ, представени в Таблица 2. е създаден акумулативен тест, свързан с всеки УО, който се предоставя на обучаваните след запознаване със съдържанието на съответния УО и служи за натрупване на потенциални метаданни. След оценяване от преподавател, отговорите на тези въпроси се включват към визитката на материала. На Фигура 4. е показан АТЕ, с помощта, на която се натрупват метаданни за полето 'ключови думи', преподавателят има възможност да оцени и/или редактира получените отговори. В този пример се генерират ключови думи, които се отнасят до темата 'Бройни системи' от курса Основи на компютърна информатика (ОКИ). След получаване на положителна оценка съответните метаданни се съхраняват като част от описанието на УО.



Фигура 4. Акумулативна ТЕ за натрупване на ключови думи за УО.

Реализация на подхода за автоматизирано генериране на метаописания

За реализация на описания подход и провеждане на експерименти в реална среда е избрана система за е-обучение с отворен код Moodle, версия 2.4.3., изборът се свежда до тази СеО поради нейната модулност, лесна разширяемост, достъпност и широка употреба. За целите на изследването възниква необходимостта от надграждане на функционалностите на системата с допълнителни възможности (Фигура 5.):

- Определяне и съхраняване на **връзки между УО и теста с АТЕ**, дефиниране на задължителните предпоставки за обновяване на връзките в БД и натрупване на информацията във вид, подходящ за ефективно извличане;
- Отчитане на **връзките между УО и конкретна АТЕ** в контекста на процеса на е-обучение, аналогично на предходния процес, се налага надграждане на базовите функционалности и допълване на съществуващата структура на БД;
- Осигуряване на механизми за прикрепване (прикачване) на тест с предварително създадени АТЕ по различните полета на стандартите за метаданни към всеки УО, независимо дали е материал или е-дейност.



Фигура 5. Генериране на метаданни за УО.

4. Експерименти

Проведен е експеримент за създаване на калибрирана банка то тестови единици в ИПО „Основи на компютърна информатика“ (ОКИ) като за целта се включват тестови въпроси, проверяващи знанията по теми „Бройни системи“, „Алгоритми“, „Логически функции“ и „Програмиране на C++“. Всяка ТЕ е от отворен тип и е в конкретната ИПО и тема. Експериментът е проведен на два етапа:

Етап I. Предоставяне на целевата група на набор от АТЕ, с помощта на които се натрупват верни и грешни отговори. Използвани са тестове с по 20 АТЕ, студентите са разделени на шест групи, като общият брой на използваните въпроси е 73. В този етап от експеримента са взели участие 68 студенти. След приключване на тази фаза, разполагаме с информация за две съществени характеристики на всяка ТЕ: оценка за трудността и дискриминативната сила.

При анализ на данните, получени в първия етап, са направени изводи за характеристиките на ТЕ и на тази основа се осъществява диференциран избор на въпросите за евентуалното им бъдещо включване в тестове. Въпроси с много ниска дискриминативна сила отпадат от следващите етапи. На базата на получените обобщени оценки на АТЕ и техните верни и грешни отговори, са генерирани 25 нови ТЕ от тип многовариантен избор. Освен за параметрите на ТЕ, в края на тази фаза, разполагаме и с оценки за верните и грешни отговори и възможност за разграничаването им по трудност и определяне на ‘най-подходящи’ дистрактори за въпроси с многовариантен избор;

Етап II. Генериране на ТЕ с многовариантен избор, като се използват верните и грешните отговори, получени в първия етап. След предварително въвеждане на критериите за отсяване на ТЕ (трудност и дискриминативна сила), в системата са генерирани нови ТЕ с многовариантен избор, които се състоят от основната част на АТЕ и верните и грешни отговори, натрупани в БД.

5. Заключение

Предложеният метод и решения намаляват разходите за преподавателски и експертен труд при изграждане на качествени е-курсове в две направления: А) автоматизирано създаване на калибрирана банка от ТЕ и Б) автоматизирано генериране на метаописания за УО. Представеният подход се базира на акумулиране на данни по време на провеждане е-обучение чрез използване на подходящи ТЕ от отворен тип. След натрупване на отговорите на съответните ТЕ стартира процедура за тяхното оценяване, с което се осигурява възможност за специфициране на ТЕ с отчитане на тяхната трудност и дискриминативна сила. На базата на тези количествени оценки се постига калибриране на тестовата банка, спрямо равнището на знания на

обучаваните. Получената по този начин информация се интерпретира по различни начини: създаване на нови типове ТЕ с дискриминативна сила над предварително посочен праг; класификация на ТЕ по трудност в зависимост от предходни опити на обучаваните; използване на съхранените и оценени отговори за генериране на ТЕ или като възможни опции във въпроси с многовариантен избор. Предложената схема дава възможност за адаптивно тестово изпитване и повишаване на качеството на тестовете с многообразие от различни типове ТЕ. Аналогична схема на използване на акумулативно тестово изпитване намира приложение и в процеса на генериране на метаданни за УО. Подходът се състои в „прикачване“ на акумулативен тест, състоящ се от подходящи за конкретни полета от метаданни въпроси от отворен тип, с помощта на които се натрупват кандидат-метаданни за УО. В процеса на генериране могат да се включат различни групи от потребители: обучавани, преподаватели или експерти в съответната ИПО. За практическа реализация на представения метод е необходимо осигуряване на средства за моделиране на връзките между ТЕ и УО (в общия случай материал или е-дейност) и е-дейност „тестово изпитване“, представена от АТЕ. За основа на провеждане на експерименти е избрана СеО Moodle като една от популярните системи за е-обучение, предоставяща удобни възможности за разширяване и надграждане.

Благодарности

Работата е частично финансирана от проект ИД13 ПО004 „Благополучие и психично здраве в кариерното развитие“ към Фонд „Научни изследвания“ при Пловдивски университет и финансираните от ОП „Развитие на човешките ресурси“ на ЕСФ проекти BG051PO001-4.3.04-0064 „Пловдивски електронен университет (ПеУ): национален еталон за провеждане на качествено е-обучение в системата на висшето образование“ и BG051PO001-3.1.08-0041 „Стандартизиране и интегриране на разнотипни информационни и управленски университетски системи (СИРИУС)“.

Литература

1. Bauer, M., & Maier, R. (2010). Metadata Generation for Learning Objects: An Experimental Comparison of Automatic and Collaborative Solutions. *E-Learning*, 181-195.
2. Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives*. Boston: Allyn and Bacon, MA Copyright (c) 1984 by Pearson Education.
3. Cardinaels, K., Meire, M., & Duval, E. (2005). Automating Metadata Generation: the Simple Indexing Interface. *14th international conference on World Wide Web* (стр. 548-556). ACM Press.
4. *Final LOM Draft Standard*. (н.д.). Изтеглено на 11 09 2012 г. от <http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>

5. Greenberg, J., Spurgin, K., & Crystal, A. (2006). Functionalities for Automatic-Metadata Generation Applications: A Survey of Metadata Experts' Opinions. *International Journal of Metadata, Semantics, and Ontologies*, 1. Свалено от <http://www.inderscience.com/storage/f121932106117458.pdf>.
6. Raykova, M., Kostadinova, H., & Totkov, G. (2011). Adaptive Test System Based on Revised Bloom's Taxonomy. *CompSysTech'11*, (стр. 504509). Vienna.
7. Warpechowski, M., Souto, M. A., & de Oliveira, J. P. (2006). Techniques for Metadata Retrieval of Learning Objects. *Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for e-Learning (SW-EL@AH'06)*, .
8. Weiss, D. J. (1985). Adaptive Testing by Computer. *Journal of Consulting and Ginkal Pathology*, 53, 774-789.
9. Weiss, D. J. (2011). Item Banking, Test Development, and Test Delivery. От К. F. Geisinger, *The APA Handbook on Testing and Assessment*. Washington DC: American Psychological Association.
10. Бижков, Г. (1995). *Методология и методи на педагогическите изследвания*. София: Аскони-Издат.
11. Костадинова, Х., Тотков, Г., & Благоев, Д. (26-27 май 2011). Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти. *Образованието в информационното общество*, Пловдив, 44-52.
12. Костадинова, Х., Тотков, Г., & Райкова, М. (2011). Към автоматизирано генериране на тестове по Блум. *40-та Юбилейна конференция на СМБ, Боровец*, 413-422

AUTOMATIZED GENERATION OF METADATA AND CALIBRATED TEST ITEM BANKS FOR E-LEARNING

Hristina Kostadinova, George Totkov

Abstract: *The development of e-courses entails the description of learning objects (collections of content, practice and assessment items), through the use of metadata, as well as the development of learning content and e-tests, meant to assess the level of knowledge of the learners. An approach for an automated generation of a calibrated bank of test items (that in turn can be used to generate metadata about learning objects) is presented in this paper. The method is based on assessment and accumulation of the answers of learners, teachers, or experts to specific open-type questions in the course of the e-learning. The dynamic calibration of the test items bank is ensured by taking into account concrete parameters for evaluation of test items, and creates an opportunity to design and develop computer adaptive tests. The design and the implementation of the proposed accumulative method entail the establishment and the maintenance of connections between the learning objects and the test questions, through which the generated metadata are extracted.*

Key words: *Test, accumulative test item, metadata about learning objects, testing system, test items bank, metadata generation.*