

**ЮЗУ „Неофит Рилски“  
Природо-математически факултет  
Катедра „Информатика“**

---

**Христина Александрова Костадинова**

**Автоматизирано създаване на адаптивни е-курсове  
и комбинаторни приложения на матричната алгебра**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**на дисертация  
за присъждане на образователна и научна степен  
'Доктор'**

Област на висше образование 4. *Природни науки, математика и информатика*  
Професионално направление: 4.6. *Информатика и компютърни науки*  
Докторска програма "Информатика"

**Научни ръководители:  
доц. д-р Красимир Йорджев, проф. дмн Георги Тотков**

**Благоевград  
2013 г.**

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на катедра „Информатика“ при Природо-математически факултет към Югозападен университет „Неофит Рилски“.

Дисертационният труд „Автоматизирано създаване на адаптивни е-курсове и комбинаторни приложения на матричната алгебра“ е с общ обем от 140 страници и се състои от въведение, три глави, заключение, използвана литература и приложения. Литературата включва 132 източника, от които 25 на кирилица и 107 на латиница.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на ..... от ..... часа в зала ..... на Югозападен университет „Неофит Рилски“.

Автор: **Христина Александрова Костадинова**  
Заглавие: **Автоматизирано създаване на адаптивни е-курсове и комбинаторни приложения на матричната алгебра**

<b>Съдържание</b>	
<b>Съкращения</b> .....	<b>4</b>
<b>Въведение</b> .....	<b>5</b>
<b>Глава 1. Адаптивни системи за е-обучение</b> .....	<b>8</b>
1.1 Състояние на изследванията.....	8
1.2 Метаданни за учебни обекти.....	9
1.3 Адаптивни е-тестове .....	10
1.4 Е-дейности и подобрена таксономия на Блум .....	11
1.5 Заключение .....	12
<b>Глава 2. Създаване на адаптивни е-курсове</b> .....	<b>12</b>
2.1 Е-дейности в когнитивните равнища на подобрената таксономия на Блум .....	13
2.2 Разработване на когнитивно-диагностичен модел .....	17
2.3 Матрично представяне на когнитивно-диагностичен модел.....	17
2.3.1 Класове, описващи алгебрата $B_n(\&\&,   , !, t(), *)$ .....	18
2.3.2 Приложения на методите за представяне на алгебрата $B_n(\&\&,   , !, t(), *)$ .....	19
2.4 Заключение .....	21
<b>Глава 3. Автоматизирано създаване на адаптивни е-тестове</b> .....	<b>21</b>
3.1 Конструирание на адаптивна тестова система.....	22
3.2 Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти.....	26
3.3 Анализ и проектиране .....	28
3.4 Реализация .....	30
3.4.1 Модел на базата данни.....	30
3.4.2 Йерархия на класовете .....	30
3.5 Експерименти.....	33
3.5.1 Адаптивна тестова система .....	33
3.5.2 Е-дейност „Решаване на комбинаторни задачи“ (с приложение в курс по програмиране) .....	34
3.6 Заключение .....	36
<b>Заключение</b> .....	<b>37</b>
<b>Библиография</b> .....	<b>40</b>

## Съкращения

АСеО	– Адаптивна система за електронно обучение
АТЕ	– Акумулативна тестова единица
БД	– База данни
Е-дейност	– Цифровизирана учебна дейност
Е-курс	– Електронен курс
Е-обучение	– Електронно обучение
Е-ресурс	- Електронен ресурс
Е-тест	– Електронен тест
ЕАТ	– Едномерен адаптивен тест
ИПО	– Изучавана предметна област
МАТ	– Многомерен адаптивен тест
ОКИ	– Основи на компютърната информатика
ПТБ	– Подобрена таксономия на Блум
САТ	– Система за адаптивни тестове
СеО	– Система за електронно обучение
СУБД	– Система за управление на база от данни
СУП	– Система за управление на потоци
ТЕ	– Тестова единица
УО	– Учебен обект
ARIADNE	– Alliance of Remote Instructional Authoring & Distribution Networks for Europe
BPMN	– Business Process Model and Notation
IEEE	– International Electrical and Electronic Engineering Association
IMS	– Instructional Management System
IRT	– Item Response Theory
LIP	– Learner Information Packaging
LMS	– Learning Management System (среда за управление на учебно съдържание)
LOM	– Learning Object Metadata
MERLOT	– Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching
MIRT	– Multidimensional IRT
REST	– REpresentational State Transfer
SOAP	– Simple Object Access Protocol
WWW	– World Wide Web
XML	– eXtensible Markup Language

## Въведение

Стремежът към повишаване на качеството в процеса на обучение ориентира развитието на системите за е-обучение (СеО) в две основни направления: осигуряване на **адаптивност** и **автоматизирано изграждане на електронни курсове (е-курсове)**. Автоматизирането на процеса за изграждане на е-курсове предполага многократно използване на учебните обекти (УО) и спестява разходите на време и преподавателски труд при създаването на различни материали, **цифровизирани учебни дейности (е-дейности)** и избора на пътища за учене (learning paths). Адаптивността в СеО е необходима за гарантиране на гъвкаво съдържание на е-курсовете, като се приспособяват учебните обекти – материали и **е-дейности** към профила на всеки обучаван. Чрез подбор на подходящи пътища за учене се оптимизира учебното съдържание, повишава се мотивацията на обучаваните и се увеличава ефективността при усвояване на знанията. Този подход се реализира в т.нар. адаптивни системи за е-обучение (АСеО), които осигуряват използването на персонализирани методи при изграждане на е-курсовете. В преобладаващата част от АСеО индивидуализирането на учебното съдържание се извършва на базата на предварително изграден профил на обучавания, при който се отчитат психологическите му особености и предпочитания, т.нар. стилове на учене (learning styles). Е-дейностите за оценяване на знанията на обучаваните, които служат и за подпомагане на процеса на усвояване на знания са неразделна част от СеО. Най-често използваната за тези цели е-дейност е тестовото изпитване. Аналогично на СеО и при тестовите системи важна роля играят адаптивността и автоматизирането на процеса за изграждане на е-тестове.

### Цели и структура на дисертацията

Дисертационното изследване е насочено към прилагане на математически модели в областта на проектирането и създаването на СеО и тестови системи като се набляга на адаптивните подходи и автоматизирането на дейности в процеса на създаване на е-курсове. Методите за осигуряване на адаптивност в СеО и тестовите системи се състоят от множество отделни етапи, с отчитане на различни фактори и характеристики на изучаваните обекти. Преобладаващата част от АСеО и тестовите системи са базирани на статично определяне на профила на обучавания и представят избор на учебни обекти (УО) или тестови единици (ТЕ) от предварително създадена банка в зависимост от резултатите показани в хода на обучение. Прилагането на подобна схема значително намалява ефективността при изграждане на е-курсове. Решаването на този проблем предполага използване на средства за оптимизиране на адаптивните подходи чрез отчитане на допълнителни характеристики и динамично моделиране на процеса за определяне на учебно съдържание.

**Основната цел** на дисертационното изследване е да се автоматизира процесът по създаване на адаптивни СеО в различни изучавани предметни области (ИПО) на базата на оценки на постиженията на обучаваните в процеса на е-обучение и на равнището на постигнатите учебни цели. Съществена част от този процес заема и автоматизираното създаване на адаптивни тестови системи, включително банка от тестови единици в съответната ИПО.

В основата на разглежданията са: а) т. нар. „**акумулативен подход**“, същността на който се заключава в оценяване и натрупване на информация за резултати на обучавани от участието им в различни **е-дейности** и б) принципът за **управление на процеса на е-обучение**, разглеждан като редица от е-дейности на базата на динамично оценяване на равнището на знания на обучавания и постигнати учебни цели.

Централна роля в двата подхода заемат е-дейностите и тяхната класификация, като специално внимание се отделя на понятието „**електронна тестова единица**“ като част от една от съществената за обучението е-дейност – тестово изпитване.

Стремежът е към обогатяване на възможностите на съществуващите СеО чрез въвеждане на допълнителни функционалности, предоставящи по-ефективни методи в обучението. Изследвани са възможностите за приложения на матричното смятане и релационната алгебра в този процес.

След проучване на АСеО и адаптивните тестови системи бяха формулирани следните задачи на дисертационното изследване:

Задача 1. Създаване на **модел на е-дейност и на електронна тестова единица** и категоризирането им в схема, подходяща за осигуряване на **адаптивно съдържание на е-курсове**;

Задача 2. Разработване на методи за **автоматизирано създаване на адаптивно учебно съдържание** на е-курсове;

Задача 3. Изграждане на **модели за автоматизирано създаване на адаптивни е-тестове**;

Задача 4. Анализ на методите за **автоматично и автоматизирано извличане на метаданни за учебни обекти** и разработване на подходящи структури за генерирането им;

Задача 5. Изследване на квадратните двоични матрици, оптимизиране на представянето им и създаване на **ефективни алгоритми, реализиращи операциите в матричното смятане**;

Задача 6. Създаване на алгоритъм и реализация на класова структура за намиране на **елементите на фактормножеството** относно определена **релация на еквивалентност в множеството от квадратни двоични матрици**;

Задача 7. Проектиране и реализация на **адаптивна тестова система**. Осъществяване на експерименти в създадената среда и анализ на резултатите от тях;

Задача 8. Провеждане на обучение по решаване на **комбинаторни задачи** за специален вид **латински квадрати**;

Дисертацията е в обем от 140 страници, разделена на Въведение, три глави, Заключение и Приложения. Литературата се състои от 132 източника, 25 от които са на кирилица, а 17 са интернет-източници.

В **Глава 1. Адаптивни системи за е-обучение** е направен обзор на АСеО и адаптивните тестови системи. Описани са моделите на обучавания, на съдържанието и на инструкциите с помощта, на които се реализира

индивидуализирано съдържание на е-курсове. Представени са методите за изграждане на САТ, които са политомни или дихотомни (в зависимост от скалите за оценяване) и едномерни или многомерни (в зависимост от броя на отчитаните параметри). Разгледани са когнитивно-диагностичен модел за определяне на адаптивно съдържание и подходи за извличане на метаданни за учебни обекти. Въведено е понятието **цифрорфизирана учебна дейност** или **е-дейност** и класифицирането на целите в обучението съобразно подобрената таксономия на Блум.

В **Глава 2. Създаване на адаптивни е-курсове** е представен модел на е-дейност с всички необходими параметри, подходящ за компютърна реализация. Избрана е йерархия на когнитивните равнища на ПТБ, в която е-дейности са категоризирани в зависимост от трудността им и са разгледани етапите на създаване на адаптивни е-курсове на базата на последователно преместване по различните равнища на ПТБ. В центъра на предложения адаптивен метод са учебните цели и динамичното отчитане на постиженията на всеки обучаван. За целта е създадена таблица с акумулативни е-дейности, подредени в схемата на ПТБ и е разгледан граф, който описва връзките между тях. По този начин се осигурява възможност за различни видове обхождане на учебните обекти (в частност е-дейности) и създаване на персонализирано съдържание на е-курс. Описано е моделиране чрез различни педагогически стратегии на графа с е-дейностите в СеО с възможност за компютърна реализация. За пълното определяне на ключовите параметри на изградения модел е проектиран когнитивно-диагностичен модел и е дадена неговата матрична реализация. В тази част от дисертацията са решени задачи 2., 4., 5. и 6.

В **Глава 3. Автоматизирано създаване на адаптивни е-тестове** се проектира адаптивна тестова система, включително автоматизирано генериране на ТЕ. Важна роля играе адаптивен подход, основан на категоризиране на т. нар. акумулативни тестови единици (АТЕ) в когнитивните равнища на ПТБ. Създаден е модел на ТЕ, който в използван при реализацията на предложения адаптивен подход. В основата на системата стоят АТЕ по когнитивните равнища на ПТБ. При реализацията се натрупват отговори на обучавани в процеса на тестово изпитване, чрез които се генерират ТЕ от различен тип и в зависимост от постиженията на обучавания му се предоставят различни по трудност ТЕ. При този метод се постига индивидуализирано съдържание на теста и автоматизирано създаване на калибрирана банка от ТЕ. По аналогичен начин чрез въвеждане на подходящи въпроси в процеса на обучение се натрупват и метаданни за учебните обекти в курса. Показаният модел е успешно реализиран при създаване на адаптивна тестова система, с която са проведени експерименти за създаване на адаптивни тестове и генериране на тестова банка от въпроси от различни типове. Резултатите от експериментите са анализирани и довеждат до извода, че адаптивният подход е подходящ за решаване на поставените в дисертационното изследване задачи. Решени са задачи 2., 3., 7. и 8.;

#### **Публикувани резултати във връзка с тематиката на дисертацията:**

Резултатите от дисертационното изследване са представени в **дванадесет публикации** – три в списания, пет на международни и четири публикации на национални конференции, включително на CompSysTech'11 (Виена) и CompSysTech'11 (Русе), като е забелязано едно цитиране. Част от получените

резултати са използвани в *три проекта* – Д002-308 (Автоматизирано извличане на метаданни от е-документи) към Националния фонд за научни изследвания и два вътрешно-университетски проекта – Иновативни модели в природните науки и Нови изследвания във физиката, математиката и компютърните системи, ЮЗУ „Неофит Рилски“.

### **Благодарности:**

Най-напред бих искала да благодаря на моите научни ръководители – проф. д-мн Георги Тотков и доц. д-р Красимир Йорджев за подкрепата, която ми оказаха във връзка с темата на дисертацията: поставените задачи, методическите указания и предоставените материали. Голяма благодарност дължа на доц. д-р Стефан Стефанов, доц. д-р Борислав Юруков и проф. д-р Илия Гюдженев както и на всички членове на катедра „Информатика“ за съдействието и съветите им във връзка с всички етапи от процеса на протичане на докторантурата. Искам да благодаря и на всички докторанти, с които сме работили заедно и се надявам да продължим да развиваме и реализираме започнатите идеи.

С голяма признателност, благодаря на съпруга ми – Георги Костадинов и на цялото ми семейство за невероятната подкрепа, която ми оказаха и за търпението, което проявяваха, за да ми осигуряват спокойна среда за осъществяване на цялото изследване.

## **Глава 1. Адаптивни системи за е-обучение**

Успехът на всеки процес на е-обучение зависи от своевременното и целесъобразно предлагане на подходящи обекти (учебни материали и дейности) съобразно персоналните характеристики на обучавания. Последното повишава мотивацията, помага на обучаваните да постигнат *личните си цели* и увеличава ефективността [36]. Разработването на е-курсове с *гъвкаво съдържание* се осигурява от *АСеО*. Подобни системи удовлетворяват *нуждите на отделните потребители* и стимулират развиването на *индивидуалните им качества*. Ефективността в обучението се повишава чрез многократно използване на УО и възможността да се обучават хетерогенни (разнородни) групи от потребители [43]. Съществена част от процеса на създаване на АСеО е описание на характеристиките на УО чрез така наречените *метаданни – данни за данните*. Значителна част от процеса на е-обучение се заема от дейности за определяне на равнището на знания на обучаваните. Една от най-често използваните дейности е тестовото изпитване. В настоящата глава от дисертационното изследване е направено проучване на адаптивните подходи и тяхната реализация в СеО.

### **1.1 Състояние на изследванията**

Разработването на АСеО включва изграждането на три основни модела [37]: *модел на съдържанието, модел на обучавания и модел на инструкциите*.

*Моделът на съдържанието* е съставен от учебни обекти, връзки между тях и дейности, провеждани в процеса на обучение. Учебните обекти се съхраняват в хранилища, които са достъпни за търсене и извличане на материалите от тях.

*Моделът на обучавания* включва лични предпочитания на потребителите, знания, поведенчески особености, цели и влечения. Считайки, че обучаваните са активна част от процеса на обучение, моделът на обучавания се превръща в



мощно средство, което предлага големи възможности за ангажиране на обучаваните в процеса на усвояване на знания и трупане на опит. Моделът на обучавания се обновява във всеки етап от обучението като се отразяват промените в натрупаното знание.

**Моделът на инструкциите** включва стратегии за представяне на учебни обекти, структури или дейности, избирани между наличните ресурси в зависимост от модела на обучавания и модела на съдържанието. За изграждането на стратегиите за определяне на реда на учебните обекти (УО) и гарантиране на персонализирано съдържание на е-курсове в СеО е необходимо разработване на правила за: избор на **начален обучителен елемент, определяне на следващите обучителни елементи, критерий за приключване** на е-курса.

Проучването на различни адаптивни подходи и АСеО показва, че в преобладаващата си част те отчитат предимно модели на обучавания базирани най-вече на стилове на учене [24, 26]. Определянето на стила се извършва в началото на процеса на обучение чрез прилагане на подходящи тестове за определяне на предпочитанията на всеки обучаван.

В дисертационното изследване е представен адаптивен подход, който отчита динамично равнището на знания на обучавания съобразно поставените учебни цели. Използва се натрупана и оценена информация, получена в процеса на работа с различни е-дейности, като е избрана рамката на когнитивните равнища на ПТБ за класифициране на е-дейностите в тях. По този начин се определя равнището на трудност на дейността съобразно поставените в обучението цели.

## 1.2 Метаданни за учебни обекти

Използването на метаданни за учебни обекти улеснява **търсенето, извличането и споделянето** на УО, осигурява **адаптивно съдържание** на е-курсовете и повишава **ефективността** при многократна употреба на УО и **управление на АСеО**.

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.

### Подходи за автоматично и автоматизирано генериране на метаданни

Съществуват различни методи за автоматично и автоматизирано извличане на метаданни за даден УО в обучението. По-голямата част от тях се основават на стандарта LOM – Learning Objects Metadata (вж. например [16, 19, 44]). Разработени са и гъвкави инструменти, които не следват известни стандарти, а разглеждат връзката на потребителите с УО при поставена конкретна цел [29].

Обикновено се използват **два основни подхода** за генериране на метаданни, базирани на ресурси или на контекста на УО [16, 39].

Първият подход е комбинация от следните методи: 1) **добиване** (harvest); 2) **извличане** (extraction); 3) **класификация** и 4) **разпространяване**.

При втория (автоматизиран) подход се предполага диалог с потребителя за потвърждаване и уточняване на данните, получени при автоматично извличане:

определяне на стойности по подразбиране (предположение за възможните метаданни) и търсене по шаблон на обект, подобен на изследвания (за целта е необходимо шаблонът да е предварително създаден от потребители в XML БД).

В дисертационното изследване се представя подход, при който определени метаданни за УО, в по-малка или в по-голяма степен, зависят и се определят от съдържанието, историята, субектите и събитията на процеси на обучение, в които участва даденият УО. В случая на автоматизирано генериране на ТЕ и съответни метаданни, първите изследвания в указаната посока са проведени в [38] с въвеждане на т. нар. АТЕ. Целта е да се изследват и приложат подобни 'акумулативни' подходи за автоматично и автоматизирано генериране на метаданни, свързани със стандарта LOM.

### 1.3 Адаптивни е-тестове

Компютърното адаптивно тестово изпитване (Computer Adaptive Testing – CAT) е специален подход за оценяване на компетентности и равнище на знание на изследваните лица, който в основата си използва информация от натрупани отговори на ТЕ в процеса на изпитване [15]. Целта е да се намери връзката между тестовите единици, вида и поддръждането им и характерните особености на всеки обучаван (изследван). Основно предимство на адаптивните тестове е, че се увеличава ефективността (отношението между прецизността в оценяването и броя на ТЕ) при оценяването на резултатите от теста.

Адаптивността в тестовите системи се осигурява чрез прилагане на различни подходи: **Item Response Theory (IRT)**, различни **алгоритми**, модела на обучавания, акумулираните данни и когнитивните равнища и измерения. В основата си IRT представлява подход, поставящ ТЕ в центъра на създаване на тестовото изпитване, за разлика от класическата теория на теста, при която определящо е нивото на теста като цяло. IRT моделите могат да се категоризират в зависимост от **начина на оценяване на отговори на ТЕ**: съществуват **дихотомни** (отговорите се оценяват с вярно/грешно (0/1)) и **политомни** (отговорите се оценяват по дадена скала (от 1 до n)) подходи. Дихотомните IRT модели се делят на **едномерни** [23, 28] и **многомерни** [13, 35] в зависимост от **броя на характеристиките**, спрямо които ще се извършва оценяването на ТЕ, техния избор и поддръждане.

**Едномерни адаптивни тестове (EAT)** – вероятността изследваното лице със способност  $Q$  да отговори вярно на ТЕ с трудност  $b$  се изразява с формулата:

$$P_{1PL}(Q) = \frac{1}{1 + e^{-D(Q-b)}} \quad [46]. \quad (1.1)$$

**Многомерните адаптивни тестове (MAT)** се състоят от няколко основни елемента: многомерен IRT (MIRT), подход за оценяване, метод за избор на ТЕ и критерий за край на теста, както и стратегии за контрол на съдържанието и изложението.

Различните характеристики, наричани още **адаптивни променливи**, които се използват при разработването на многомерни адаптивни тестове, отразяват отличителните черти на обучаваните, спрямо които системата може да адаптира поведението си, например: целите на обучаваните, знанията и предпочитанията им, натрупания опит и др. Те могат да се разделят в две категории: **зависещи от**

**потребителите (user dependent) и независещи от потребителите (user independent) [42].**

**Атрибутивен йерархичен метод (Attributive Hierarchical Method)** е форма на когнитивно-диагностично оценяване, която цели чрез интегриране на когнитивната психология в измерванията в процеса на обучение, да повиши ефективността при определяне на модела на обучавания [27, 33]. Когнитивно-диагностичното оценяване е проектирано да измерва специфични равнища на знание и когнитивни умения в дадена ИПО. В основата на метода е създаване на **когнитивен модел** – опростено описание на стандартни образователни задачи за решаване на даден проблем, който помага да се характеризират различните равнища на знание на обучаваните и улеснява и обяснява предвиждането на тяхното представяне.

Атрибутивният йерархичен метод се състои от две фази:

#### **Фаза 1. Разработване на когнитивен модел**

Определят се връзките между атрибутите в йерархията, като се използват **матрица на съседство** и **матрица на достижимост**. Директната връзка между атрибутите се определя в матрица на съседство, а матрицата на достижимост описва предшествениците на всеки атрибут.

#### **Фаза 2. Статистическо разпознаване на модела на обучавания**

Реалният модел на обучавания (вкл. отговорите на ТЕ) се сравнява с разработения когнитивен модел. Целта на статистическата обработка на получените данни е да идентифицира комбинациите от атрибути, които обучаваният е вероятно да е овладял.

### **1.4 Е-дейности и подобрена таксономия на Блум**

Съдържанието на е-курсовете е изградено от учебни обекти (материали и дейности). Учебните дейности в СеО служат не само за подпомагане на обучаваните да усвоят учебния материал, но и за оценяване на техните знания. Съвременните СеО поддържат голям брой е-дейности, например: решаване на тестове, участие във форуми и блогове, създаване на wiki и др. За да се моделира персонализиран подход към всеки обучаван, на първо място е необходимо да се анализират конкретните начини за провеждане на всяка учебна е-дейност в проектираната АСеО и на тази база да се предложи подходяща **класификационна схема на е-дейностите** в термините на целите на обучение и когнитивните равнища на усвояваното знание.

Таксономията на Блум [17], представена през 1956 г. от американския психолог Бенджамин Блум, класифицира целите на обучението в три области – познавателна, емоционална и психомоторна. Познавателната област се състои от шест равнища – знание, разбиране, приложение, анализ, синтез и оценка.

В 2001 г. е предложено разширение на таксономията на Блум [14], при което когнитивните равнища вече са запаметяване, разбиране, приложение, анализ, оценяване и създаване (с редактиране на наименованията и промяна на реда на последните две равнища). Добавя се и второ измерение – за различаване на знанията за факти, понятия, процедури и метазнания. Разширената таксономия на

Блум може да се представи като двумерна таблица (6 x 4), в която редовете представляват различните когнитивни равнища, а стълбовете – 4-те вида знания.

ПТБ е широко използвано средство за определяне на целите в обучението, което намира голямо приложение в областта на е-обучението. В шестте когнитивни равнища могат да се разпределят както класическите учебни дейности, така и е-дейностите. В [20] се представя примерна схема за систематизиране на е-дейностите в зависимост от сложността на тяхното изпълнение в нивата на ПТБ.

## **1.5 Заключение**

В резултат на извършения анализ на ACeO и CAT, може да се направи следният извод: при осигуряване на адаптивност в процеса на е-обучение, независимо от това дали се отнася до учебни обекти (материали и е-дейности) или тестови въпроси в повечето от CeO се набляга на стилове на учене и текущи резултати на обучаваните лица. На заден план остават целите, поставени в обучението, които играят значителна роля при определяне на критериите за избор на стратегии за учене. Друг ключов момент, който трябва да се отчете е наличието на голям брой трудности, които възникват при проектирането на ACeO. Най-характерните са: осигуряване на многократно използване на УО, е-дейности и тестови въпроси, определяне на подходяща рамка за фиксиране на целите поставени в обучението, класифициране на УО и ТЕ, създаване на различни пътища за учене съобразно поставените педагогически стратегии, динамично отчитане на модела на обучавания съобразно резултатите от обучението и не на последно място генериране на метаданните за УО, които са неразривна част от всеки УО. Имайки предвид изводите, направени в следствие на обзора на ACeO се представя и реализира адаптивен модел, на базата на динамично определяне на равнището на знания на всеки обучаван относно рамката на ПТБ и методи за автоматизирано генериране на ТЕ и е-дейности. Реализацията на този метод довежда до оптимизиране на съдържанието на е-курсовете, като набляга на целите в обучението и спестява голяма част от времето за създаване на банка от ТЕ и множество от дейности и съответните им метаданни.

## **Глава 2. Създаване на адаптивни е-курсове**

ACeO са изградени на базата на различни подходи за осигуряване на индивидуализирано съдържание на е-курсове, в зависимост от предварително заложените характеристики и динамично отчитане на резултатите на обучаваните. В следващите раздели се представя адаптивен подход, основан на е-дейности, класифицирани в когнитивните равнища и компоненти на знанието на ПТБ. В основата на адаптивния метод са поставени учебните цели и модела на обучавания. За целта е разработен модел на е-дейност, подходящ за реализацията на описания метод и е изграден когнитивно-диагностичен модел, в който са заложен параметрите, включени в динамичното отчитане на резултатите от е-дейностите. Процесът на е-обучение се моделира под формата на ориентиран граф, възлите на който са е-дейностите, а дъгите са връзките между тях.

## 2.1 Е-дейности в когнитивните равнища на подобрената таксономия на Блум

В дисертационното изследване се предлага подход основан на т. нар. „акумулативни учебни е-дейности“, класифицирани според ПТБ. В този случай създаването на адаптивни персонализирани е-курсове се свежда до избор между подходящи учебни е-дейности от съответната класификационна схема в зависимост от постиженията на обучавания и информацията, натрупана при изпълнения на предходни е-дейности.

Учебните дейности са свързани с три основни елемента [21]: *контекст* – тема, равнище на трудност, желани резултати и средата, в която дейността ще се извършва; *педагогически подход* – възприети модели и стратегии и *задание* – конкретната задача, представена на обучаваните. Моделът на всяка е-дейност може да се представи като наредената петорка  $Digital\_Activity = (Theme, Assignment, Kind, Specifications, Difficulty\_Level)$ , където:

- Theme – тема или ИПО;
- Assignment – задание (конкретната задача);
- Kind – множеството от всички видове/типове е-дейности, които се поддържат от съответна CeO;
- Specifications – множество от спецификации, отнасящи се до конкретизиране на технически параметри;
- Difficulty\_Level – ниво на трудност, определено от различни индикатори, в случая от когнитивно равнище и компонент на знание в ПТБ;

Ключов момент за разпространяване на подобен адаптивен метод в случая на произволна е-дейност е – как да се избере поредната е-дейност в процеса на виртуално обучение, подходяща за конкретния обучаван. Един възможен подход е използване на учебни е-дейности от определен тип, подредени по когнитивните равнища на таксономията на Блум. Подобна схема дава възможност да се определят различните равнища на трудност на осъществяваните е-дейности (в зависимост от тяхната сложност и цели на обучението) [7] и позволява прилагане на различни стратегии за динамично обхождане на е-дейностите (в зависимост от предходни резултати на обучаваните). Трудността при реализацията се заключава в обстоятелството, че в общия случай съответните е-дейности не са запълнени с конкретно съдържание (свързано с изучаваната тема, например).

В посока на реализиране на адаптивния подход са създадени задания за всяка конкретна е-дейност, в зависимост от нейната специфика. Те са подредени спрямо когнитивните равнища и типа на обектите (факти, понятия, процедури и метазнания) в подобрената таксономия на Блум (**Таблица 2.1**). Натрупаната информация за постиженията на обучавания, вкл. техните оценки, получена в резултат на предходни е-дейности, се използва за конкретизиране на заданията в съответните е-дейности на следващите стъпки. Например отговори на обучавани, получени при разискване във форум, с основна тема ‘Опишете (или дайте определение) за всяко основно понятие’, ще се използват при уточняване на задание от по-високо равнище (напр. ‘Сравнете понятията от темата с такива от други области’).

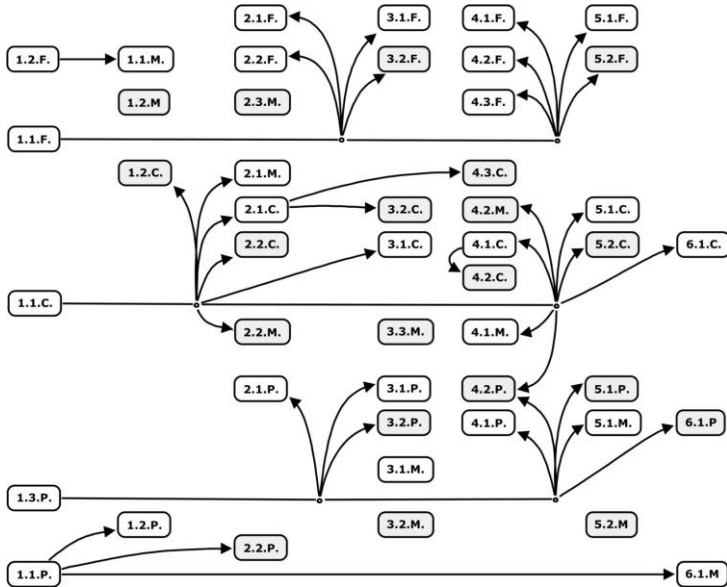
Listing/bulleting (Създаване на списъци) и Forum (Участие във форум)				
	Факти	Понятия	Процедури	Метазнание
Запамятаване	1.1.F. Избройте (до 5) основни раздели (подтеми) в материала.	1.1.C. Избройте (до 5) основни понятия. 1.2.C. Избройте (до 5) основни идеи.	1.1.P. Посочете (до 5) основни проблема – предмет на темата.	1.1.M. За какво се отнася материала (основна тема).
Разбиране	2.1.F. Подредете фактите в категории (групи).	2.1.C. Направете списък на основните понятия, съпроводени от техните атрибути.	2.1.P. Подредете процедурите в групи/ категории.	2.1.M. Посочете предметни области, към които може да отнесете материала.
Приложение	3.1.F. Посочете ситуации, при които могат да бъдат полезни съответните факти.	3.1.C. Избройте за какво могат да се използват понятията.	3.1.P. Посочете ситуацията (и начините), при които наученото се прилага на практика..	3.1.M.C. Кой са понятията от темата, свързани с днешния/вчерашния ден.
Анализ	4.1.F. Вярно ли е, че ....? 4.2.F. Подредете фактите в хронологичен ред.	4.1.C. Посочете типа на йерархичните зависимости между изучените понятия.	4.1.P. Представете всяка процедура като редица от отделни стъпки/действия.	4.1.M.C. Посочете други връзки между понятията, освен посочените в УО.
Оценяване	5.1.F. Посочете най-важните факти. Подредете ги по значимост.	5.1.C. Подредете понятията по значимост за темата.	5.1.P. Оценете процедурите от различни (до 3) гледни точки и цели..	5.1.M. Посочете (до 5) ползи от наученото.
Създаване		6.1.C. Посочете (до 3) понятия, които е необходимо да бъдат доизяснени и развити.	6.1.P. Кой процедури имат нужда от промяна, и защо?	6.1.M. Какво още трябва да се изясни/какви теми да бъдат засегнати?

Таблица 2.1. Задания за е-дейности ‘създаване на списъци’ и ‘форум’ (извадка)

Разработването на АСеО, проектирана с използване на класификацията на учебните е-дейности от **Таблица 2.1.** предполага:

- моделиране на е-обучението като **поток от учебни е-дейности** под формата на ориентиран граф, съдържащ е-дейности;
- разработване и експериментиране на различни стратегии за провеждане на виртуалното обучение (обхождане на графа и избор на учебно съдържание) с **динамично отчитане на модела на всеки обучаван** съобразно поставените образователни цели.

В [41] е представен подход за определяне на учебно съдържание чрез обхождане на графови структури, а в [11] е описано моделиране на пътища за учене в е-курсове, в зависимост от различни параметри, в това число и когнитивна таксономия. Следваща стъпка в посока на осигуряване на адаптивност включва създаване на работен поток от е-дейности от **Таблица 2.1.**, който да моделира логическите връзки между тях (**Фигура 2.1.**).



**Фигура 2.1. Граф с е-дейности в когнитивните равнища на ПТБ**

За целите на постигане на адаптивно съдържание на е-курсове, процесът на провеждане на е-курсове се представя под формата на краен автомат [2, 12], който представлява наредената петорка:

Adaptive Process = (Start\_El, Digital\_Activities, End\_El, Results, Transition\_Function(Digital\_Activity, Results)), където:

Start\_El (стартов елемент или начално състояние) – когнитивно равнище или конкретен елемент от ‘нулево ниво’;

Digital\_Activities (е-дейности или азбуката от състояния) – множество от всички е-дейности;

End\_El (критерий за край на обучението) – конкретно когнитивно равнище или приключване на е-дейност;

Results (текущи резултати) – подлежат на динамично отчитане и служат като параметър за определяне на следващите е-дейности;

Transition\_Function (Digital\_Activity, Results) (функция на преходите) – представя начина за преминаване от една дейност към друга.

Подредянето на е-дейностите в класификационната схема дава възможност за придвижване по различните равнища в зависимост от поставените образователни цели и постиженията на всеки обучаван. Разработен е алгоритъм за обхождане на графа с е-дейности (**Фигура 2.2**):

```
Digital_Activity(Assignment[i], Kind[i], Cogn_L[i], Kn_D[i]);

Max_number = n;
Max_Cogn_L = c;
Max_Kn_D = k;
Cogn_L = 1;
Kn_D = 1;
Current_Digital_Activity = get_Digital_Activity(Cogn_L, Kn_D);

while (Max_number > 0) {
    Result = резултатът от извършване на е-дейността;
    Eval_result = eval_procedure(Current_Digital_Activity,
    Result)
    if (Eval_result == 1) {
        if (Cogn_L <= Max_Cogn_L) {
            Cogn_L=Cogn_L + 1;
        }

        if (Kn_D[i] <= Max_Kn_D) {
            Kn_D = Kn_D + 1;
        }
        Current_Digital_Activity =
        get_Digital_Activity(Cogn_L[i], Kn_D[i])
    }
    Max_number = Max_number - 1;
}
```

**Фигура 2.2. Алгоритъм за обхождане на граф с е-дейности**



Описаният адаптивен подход, основан на акумулативни е-дейности, подредени по когнитивните равнища на ПТБ, е експериментиран в Moodle 2.2.1. Нелинейното обхождане на работния поток се постига чрез използване на метод за интегриране на елементи от система за управление на потоци (СУП), представена в Business Process Model and Notation (BPMN) CeO. В конкретния случай системата Bonita Open Solution [18] е избрана за моделиращ инструмент.

При създаването на е-курс с персонализирано съдържание са използвани стандартните инструменти на Moodle, а моделирането на процеса за определяне на съдържанието се осъществява с Bonita Studio, като достъпва данните в Moodle чрез Bonita уеб конектора, описан по-горе. Конекторът е реализиран на Java и осигурява универсален механизъм за експортиране на данни от Moodle и импортирането им в системата за управление на потоци, която поддържа Simple Object Access Protocol (SOAP). Създаден е модул, който осигурява съхраняването на оценената информация, получена в следствие на извършване на е-действие **Assignment** от обучаваните. Направеното разширение позволява да се създава съдържанието на всеки е-курс спрямо поставените цели в обучението, а равнището на трудност на представените е-дейности динамично да се определя в зависимост от конкретните резултати на обучаваните.

## 2.2 Разработване на когнитивно-диагностичен модел

От огромно значение при изграждането на адаптивни е-курсове е съставянето на съответен когнитивно-диагностичен модел. За целите на дисертационното изследване се създава такъв модел за осигуряване на персонализирано съдържание на е-курсове.

При конструиране на конкретен когнитивно-диагностичен модел, който удовлетворява изискванията на представения адаптивен подход, се разглеждат следните три основни групи от параметри: **ИПО, цели и когнитивни равнища и компоненти на знание по ПТБ и резултати на обучаваните**, получени в хода на обучението. В контекста на този модел, отчитащ трите групи от променливи, адаптивния курс се моделира под формата на ориентиран граф с върхове е-дейности и дъги – връзките между тях. Пътищата в този граф се определят в зависимост от конкретните стойности на трите параметъра, които са заложиени.

## 2.3 Матрично представяне на когнитивно-диагностичен модел

Когнитивно-диагностичният модел представлява ориентиран граф, върховете на който са съответните атрибути, а дъгите описват връзките между тях. В конкретния случай на разработвания адаптивен подход, основан на е-дейности в различни когнитивни равнища, графът представлява описанието на всички е-дейности и връзките между тях. Той се представя чрез **матрица на съседство** или **матрица на достижимост**.

**Двоична** (или **булева**, или  $(0,1)$ -матрица) се нарича матрица, чиито елементи принадлежат на множеството  $B = \{0,1\}$ ;

**Матрица на съседство:** Нека  $G = (V, E)$  е произволен ориентиран граф с  $n$  върха без паралелни дъги. Матрица на съседство  $B = (b_{ij})$  е двоична матрица, чиито елементи  $b_{ij} = 1$ , ако  $(v_i, v_j) \in E$  и  $b_{ij} = 0$  – в останалите случаи [10].

**Матрица на достижимост:** Нека  $G = (V, E)$  е произволен ориентиран граф с  $n$  върха без паралелни дъги. Матрица на достижимост  $R = (r_{ij})$  е двоична матрица, чиито елементи са определени по следния начин:  $r_{ij} = 1$ , ако върхът  $v_j$  е достижим от върха  $v_i$  и  $r_{ij} = 0$  – в противен случай.

С оглед на оптимизация,  $n \times n$  матриците на инцидентност и достижимост са представени с помощта на наредени  $n$ -торки от цели неотрицателни числа, принадлежащи на затворения интервал  $[0, 2^n - 1]$  [47].

### 2.3.1 Класове, описващи алгебрата $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$

Във връзка с осъществяване на посочения оптимизационен подход за реализиране на операциите с матриците на инцидентност и достижимост се разглеждат класове, описващи алгебрата  $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$ , където:

- $B_n$  е множеството на всички квадратни  $n \times n$  двоични матрици;
- $A = (a_{ij})$  и  $B = (b_{ij})$  са матрици от  $B_n$ . Тук и навсякъде по-надолу ще се съобразим със синтаксиса на езика C++ и индексите ще започват от 0, т.е.  $i, j \in \{0, 1, \dots, n - 1\}$ ;
- Разглеждаме следните операции в  $B_n$ :

$$OP = \{+, -, *, /, \%, \ll, \gg, \&, |, ^, \sim, \&\&, ||, !, =, if, <, \leq, >, \geq, ==, !=\} \quad (2.1)$$

изразяващи съответно събиране, изваждане, умножение, деление, целочислено деление, побитово преместване на ляво и надясно, побитово "и", побитово "или", побитово "изключващо или", побитово "не", конюнкция, дизюнкция, отрицание, присвояване, проверка на условие и операциите за сравнение. По такъв начин  $B_n$  заедно с описаните по-горе операции  $\&\&, ||, !, t()$  образуват алгебрата  $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$ .

#### Спецификации на класовете, описващи алгебрата $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$

За първия клас ще използваме *стандартното* представяне на двоичните матрици с помощта на двумерен  $n \times n$  целочислен масив и последващите от този факт стандартни алгоритми за изпълнение на операциите (2.1). Означаваме този клас с `Vn_array`.

Означаваме с `Vn_tuple` класа, описващ алгебрата  $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$  чрез кодиране на двоичната матрица с вектор от естествени числа.

Операция	$B_n\_array$	$B_n\_tuple$
$\&\&,   , <, \text{транспониране, присвояване (=)}$	$O(n^2)$	$O(n)$
*	$O(n^3)$	$O(n^2)$
!	$O(n^2)$	$O(n^2)$
инициализация на обект	$O(n^2)$	$O(n)$

**Таблица 2.2. Операции в класовете  $B_n\_array$  и  $B_n\_tuple$**

При анализ на сложността на алгоритмите, използващи съответно двата класа за представяне на двоични матрици, може да се направи следният извод: алгоритмите, използващи обекти от класа  $B_n\_tuple$ , са значително по-бързи от алгоритмите, използващи обекти от класа  $B_n\_array$ , със съществена икономия на оперативна памет.

### 2.3.2 Приложения на методите за представяне на алгебрата $B_n(\&\&, ||, !, t(), *)$

Описаният в предходните раздели метод за представяне на двоични матрици и операциите с тях и неговата реализация намират приложение и в областта на текстилната промишленост и в процеса на обучение на специалисти в това направление.

#### **Намиране на мощността и елементите на фактормножество, относно дадена релация на еквивалентност върху двоични матрици**

##### **Класове от сплитки**

Преплитането на нишките в дадена тъкачна структура може да се кодира с помощта на квадратна двоична матрица [49, 50], като във всеки ред и всеки стълб на матрицата да има поне една нула и поне една единица, за да може да съществува тъкан, представена с помощта на тази матрица. Две различни матрици ще съответстват на една и съща тъкачна структура, тогава и само тогава, когато едната матрица се получава от другата след няколко последователни циклични премествания на първия ред или стълб на последно място.

Нека  $n$  е дадено цяло положително число. Да означим с  $B_n$  множеството от всички  $n \times n$  двоични матрици, а с  $Q_n$  – множеството от всички  $n \times n$  двоични матрици, имащи поне една единица и поне една нула на всеки ред и всеки стълб.

Ако  $A = (a_{ij}) \in B_n$ , то с  $A^T = (a_{ji})$ ,  $1 \leq i, j \leq n$  ще означаваме *транспонираната* на  $A$  матрица.

Интерес представлява подмножеството  $P_n \subset Q_n$ , съставено от всички *пермутационни* матрици (във всеки ред и всеки стълб има точно по една единица).

Ще казваме, че двоичните  $n \times n$  матрици  $A$  и  $B$  са еквивалентни:  $A \sim B$ , ако едната матрица се получава от другата след последователни циклични премествания на първия ред или стълб на последно място. Елементите на  $\overline{Q_n}$  ще наричаме *сплитки*.

Ако  $A \in P_n$  и  $B \sim A$ , то и  $B \in P_n$ . Разглеждаме матрицата

$P = (p_{ij}) \in P_n$ , където  $p_{12} = p_{23} = \dots = p_{i,i+1} = \dots = p_{n-1,n} = p_{n1} = 1$  и това са единствените единици в  $P$ , а всички останали елементи са равни на нула.

Разглеждаме  $S = (s_{ij}) \in P_n$ , където  $s_{in-i+1} = 1, s_{ij} = 0$  при  $j \neq n - i + 1$ .

Нека  $A = (a_{ij}) \in B_n$ ,  $A^S$  се получава от  $A$ , като последният стълб става първи, предпоследният – втори и т.н., първият стълб става последен. С други думи, ако  $A = (a_{ij})$ , то  $A^S = (a_{in-j+1})$ ,  $1 \leq i, j \leq n$ . Очевидно е, че  $(A^S)^S = A$ .

**Дефиниция 1.** Нека  $A \in Q_n$ . Ще казваме, че  $A$  е представител на **самоогледална** сплитка, ако  $A \sim A^S$ . Означаваме с  $\overline{M_n} \in \overline{Q_n}$  множеството от всички самоогледални сплитки с повтор,  $n$ .

За произволно  $A \in B_n$  дефинираме операцията  $A^R = (A^S)^T$ ,  $A^R$  се получава от матрицата  $A$  след завъртане на  $90^\circ$  по посока обратна на часовниковата стрелка. В общия случай  $A^R \neq A$ .

**Дефиниция 2.** Нека  $A \in Q_n$ . Ако  $A \sim A^R$ , ще казваме, че  $A$  е представител на **ротационно устойчива** сплитка. Означаваме с  $\overline{R_n} \in \overline{Q_n}$  множеството от всички ротационно устойчиви сплитки с повтор  $n$ .

**Алгоритъм за намиране количествена оценка на множествата от всички самоогледални и ротационно-устойчиви сплитки при зададен повтор  $n$ .**

**Алгоритъм 1.:**

Стъпка 1. Генериране на всички възможни наредени  $n$ -торки от естествени числа  $\langle k_1, k_2, \dots, k_n \rangle$ , такива че  $1 \leq k_i \leq 2^n - 2$  и  $k_1 \leq k_i$  при  $i = 2, 3, \dots, n$ ;

Стъпка 2. Проверка за принадлежност на получените в т. 1 елементи на множеството  $\overline{Q_n}$ ;

Стъпка 3. Проверка за минималност в съответният клас на еквивалентност на получените в т. 1 елементи;

Стъпка 4. Проверка за принадлежност на множеството  $M_n$  на елементите, получени в т. 1;

Стъпка 5. Проверка за принадлежност на множеството  $R_n$  на елементите, получени в т. 1 съгласно дефиниция 2.

Резултатите от работата на алгоритъм 1. довеждат до намиране на количествена оценка на множествата  $B_n, Q_n, \overline{B_n}, \overline{Q_n}, \overline{M_n}, \overline{R_n}$  при даден повтор  $n$ .

## 2.4 Заключение

В Глава 2. Създаване на адаптивни е-курсове е представен подход за изграждане на адаптивни е-курсове, основан на е-дейности, класифицирани в когнитивните равнища на ПТБ. Разработеният модел за определяне на учебно съдържание поставя в центъра на стратегията учебните цели и постиженията на обучаваните и включва създаване на модел на е-дейности и задаване на възможни пътища за обхождане на учебните обекти в е-курса. Основната схема е изградена върху персонализирано определяне на поредността от акумулативни е-дейности. За осигуряване на динамичното определяне на реда на е-дейностите в е-курса е използвано моделиране на графови структури, пресъздаващи реалните пътища за учене, които се определят в зависимост от заложената педагогическа стратегия. В тази глава от дисертационното изследване се описват ключови етапи от разработването на АСеО: изграждането на когнитивно-диагностичен модел, който служи за по-точното отчитане на индивидуалните характеристики на обучаваните в съчетание с останалите ключови параметри, заложи в адаптивния подход. Описано е матрично представяне на когнитивно-диагностичния модел, което довежда до неговата оптимизация.

## Глава 3. Автоматизирано създаване на адаптивни е-тестове

В дисертационното изследване вниманието е насочено към реализация на адаптивни методи, с едновременно отчитане както на равнището на знания на обучавания, така и степента на постигане на целите в обучението. Чрез осигуряване на динамично адаптиране на тестовата банка от въпроси и определяне на подходящи ТЕ, които да се съдържат в тестовете, включително с определяне на поредността им, се постига индивидуализиране на съдържанието на теста, оценяване на ТЕ и равнището на знания на обучавания.

Една от целите в дисертационното изследване е да се автоматизира процесът за създаване на адаптивни тестове, като се оценяват както **постиганията на всеки обучаван**, така и равнището на постигане на **учебните цели**.

### Модел на тестова единица

В контекста на изследването ТЕ се разглежда като съвкупност от следните основни части [27]:

- **базова част** – контекста, съдържанието и конкретния въпрос, на който трябва да се отговаря;

- **опционална част** – алтернативните отговори при ТЕ с многовариантен избор;
- **допълнителна информация** – спомагателни материали (текстове, изображения, таблици и др.).

Представеният модел на ТЕ, заедно с въведените параметри се използва за конструиране на адаптивна тестова система.

### 3.1 Конструиране на адаптивна тестова система

Конструирането на адаптивна тестова система се състои от пет основни компонента [45] – създаване на **калибрирана банка от ТЕ**, избор на **първоначален елемент** или стартово ниво, **алгоритъм за определяне на реда на представяне на ТЕ**, **процедури за оценяване и краен елемент** (критерий за приключване на теста).

**Калибрираната банка от ТЕ** се състои от вече използвани и оценени в процес на обучение ТЕ. Резултатите са надеждни само при положение, че тестовите са преминали през няколко курса за определяне на равнището на трудност. Прилагайки акумулативния метод, се предполага, че банката от ТЕ е калибрирана във всеки момент от процеса на обучение, т.е. адаптивната тестова система ще калибрира теста относно текущото състояние на БД с ТЕ.

Съществена роля при конструиране на ТЕ в САТ е определяне на трудността и дискриминативната им сила (възможност на ТЕ да разграничи обучаваните в различни групи в зависимост от усвоените знания, т.е. на 'силни' и 'слаби'). Често използвана формула за изчисляване на индекса на трудност  $P$  е:

$$P = \frac{N_R}{N} \quad (3.1)$$

където  $N_R$  е броят на обучаваните, които са решили вярно ТЕ, а  $N$  е общият брой на обучаваните в двете групи [1].

Дискриминативната сила  $DP$  се определя по формулата:

$$DP = \frac{R_U - R_L}{0,5T}, \quad (3.2)$$

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.

В основата на идеята за акумулативността е да се създават нови ТЕ (включително и такива от други типове) на базата на съществуващи ТЕ и събрани отговори от обучаваните. Избрана е ПТБ като рамка за определяне на трудността на въпросите. В **Таблица 3.1**. Таблица 3.1 са представени въпроси-шаблони, които не зависят от конкретна ИПО и се използват за конструиране на калибрираната банка от ТЕ [7]. Таблицата се състои от 24 клетки, редовете са когнитивните равнища: запаметяване, разбиране, приложение, оценяване и създаване, а колоните означават знанието за факти, понятия, процедури и метазнания.

Таблицата съдържа голям брой такива въпроси, като всеки от тях има точно определено място в зависимост от трудността си. Поради тази причина всеки въпрос е означен с три знака: цифра от 1 до 6, която означава когнитивното равнище относно ПТБ, започвайки от 'запаметяване', втората цифра означава поредния номер на ТЕ в клетката на таблицата, а буквата е елементът на знанието за: С – 'Понятия', F – 'Факти', P – 'Процедури' и M – 'Метазнания'.

**Изборът на стартов елемент** е изключително важен в процеса на конструиране на адаптивната тестова система (често стартовият елемент е със средно равнище на трудност).

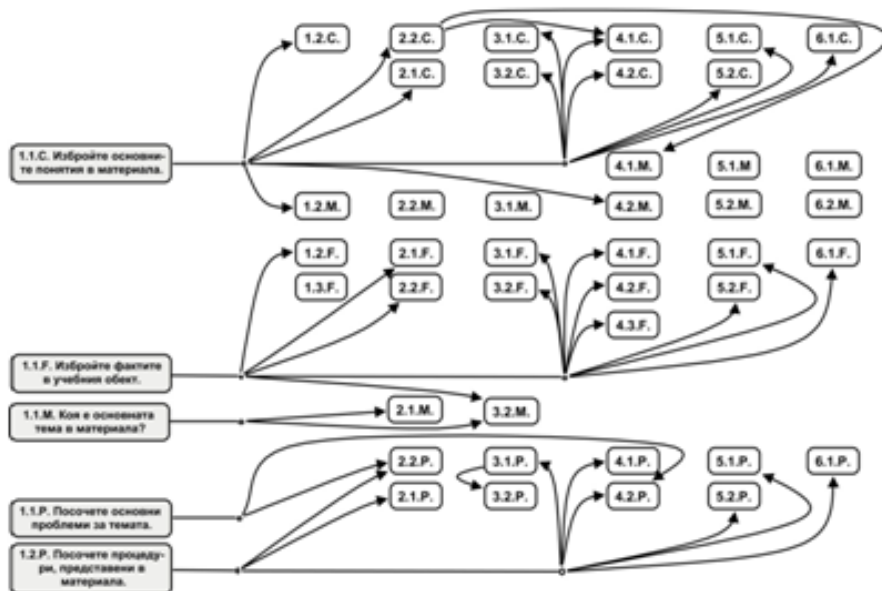
**Алгоритъм за избор на ТЕ** се конструира като се използват различни подходи: основани на IRT, предварително определени пътища в графи и дървета, зависещи от конкретното оценяване. В дисертационното изследване се предлага подход за адаптиране, основан на предходни опити – така наречената 'акумулативност' и използване на динамично калибрирана банка от АТЕ в когнитивните равнища на ПТБ.

**Избор на последен елемент** в тестовото изпитване – процесът може да бъде автоматизиран или определян от преподавателя. Възможни варианти са тестът да приключи при достигане на точно определено равнище на трудност, при отговаряне на предварително зададен брой въпроси, или при достигане на конкретна ТЕ.

### **Създаване на банка от ТЕ**

Предложени са АТЕ от отворен тип, които предизвикват натрупване на отговори от обучавани в процеса на е-обучение, и се използват (след оценяване от преподавател) за генериране на нови ТЕ от различни типове (**Таблица 3.1.**). Въпросите от тази таблица 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. 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 с върхове – АТЕ и ребра – връзки между тях (**Фигура 3.1.**), описани в термините на когнитивни равнища и типове знания в подобрената таксономия на Блум. Адаптивността се осигурява от съответен алгоритъм за обхождане на графа, като на всяка стъпка динамично се определя подходящото (за всеки обучаван) равнище на трудност. С използването на такъв подход се осигурява **генериране на нови ТЕ и динамично калибриране на банката от ТЕ.**



**Фигура 3.1. Работен поток от акумулативни въпроси**

Основни стъпки в подхода за генериране на TE са:

Стъпка 1. Предоставяне последователно на **ATE** от **Таблица 3.1.** за отговор от обучавания до достигане на предварително зададена контролна точка в графа, който описва връзките между тях и служи за определяне на посоката на **движение по графа с TE**;

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 TE** спрямо натрупаните и оценени отговори от обучаваните по формула (3.2);

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 TE** (от различен тип).



	<b>Факти</b>	<b>Понятия</b>	<b>Процедури</b>	<b>Метазнание</b>
<b>Запаметяване</b>	Избройте (до 5) факта (нови думи, събития, и т.н.), които научихте.	Избройте (до 5) основни идеи/понятия.	Избройте (до 5) процедури, представени в материала.	Посочете (до 5) области на изучаваната дисциплина, към които бихте отнесли разглежданата тема.
<b>Разбиране</b>	Представете със свои думи фактите/схемите/изображенията/ илюстрациите от материала.	Посочете (до 3) области, към които се отнася понятието.	Избройте (до 5) проблема, разглеждани и решавани в темата.	Посочете (до 5) образователни цели на темата. Подредете ги по важност..
<b>Приложение</b>	Посочете ситуации, при които могат да бъдат полезни съответните факти (дайте примери).	Направете списък на основните понятия, съпроводени от техните атрибути.	Посочете ситуацияте (и начините), в които наученото в темата може да се прилага на практика.	Посочете други материали, с които е свързан изучавания. Как се отразява това на всекидневния живот?
<b>Анализ</b>	Вярно ли е, че ...? Подредете фактите в хронологичен ред.	Посочете типа на зависимост/релация между ...	Представете всяка процедура като редица от отделни стъпки/действия.	Сравнете идеите и понятията от темата с такива от други области..
<b>Оценяване</b>	Посочете най-важните факти Подредете ги по значимост.	Кое е понятието, на което се акцентира най-много, и защо?	Оценете процедурите от различни (до 3) гледни точки и цели.	Посочете (до 3) категории лица, за които са полезни тези знания (с обосновка).
<b>Създаване</b>	Какви факти (за какво) липсват или са малко? Какви факти бихте добавили?	Посочете (до 3) понятия, които е необходимо да бъдат доизяснени и развити.	Кои процедури имат нужда от промяна, и защо? Представете свои варианти.	Резюмирайте наученото от гледна точка на друга област.

**Таблица 3.1. Генеративни акумулативни въпроси шаблони по Блум (извадка)**

Оценените отговори се използват по два начина: 1) включване на получените и оценени верни отговори в текста на нови ТЕ. Например на въпрос от равнище 'запаметяване на понятия' „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.

### **Адаптивен тест, с генериране на варианти на ТЕ**

За реализация на същинското адаптивно изпитване се използват ТЕ, чийто тип позволява автоматично оценяване на резултатите и динамично определяне на ТЕ (например ТЕ с многовариантен избор) спрямо текущото когнитивно равнище и стратегията за избор на ТЕ.

Характеристиките в модела на ТЕ (дискриминативната сила и условната трудност, зависеща от когнитивното равнище) и на потребителите, динамично променят стойностите си в процеса на обучение, което довежда до непрестанно калибриране на банката от ТЕ и адаптирането ѝ към конкретната целева група. Процесът на събиране и използване на отговори от обучаваните допринася за постоянното обогатяване и съгласуване с нуждите и предпочитанията на потребителите и заложените в обучението цели.

## **3.2 Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти**

В **Таблица 3.2.** е дадена класификация на методите за автоматично (или автоматизирано) извличане на метаданни от УО. Включването на даден метод към някоя от 6-те групи се определя от неговата същност – основният принцип, на който се основава неговото прилагане.

Група	Същност	Знак
1.	Акумулативни тестови въпроси (test items), генерирани при виртуално обучение	●
2.	Автоматизирано извличане от текстове	◆
3.	Анализ на връзки и взаимодействия	⊗
4.	Търсене в хранилище с метаданни	□
5.	Информация за самата система	▲
6.	Все още неопределена	?

**Таблица 3.2. Групи от методи за извличане на метаданни**

**Първата група методи** е свързана с използване на системи от АТЕ, подходящи за определен вид метаданни, свързани със съответния УО (текст, тестова единица, събитие и т.н.), а така също и с други УО, използвани

многократно в контекста на различни процеси на виртуално обучение. Примери на АТЕ, отнасящи се до метаданни от схемата на LOM, са представени в **Таблица 3.3**. Елемент на подобно обучение могат да бъдат не само обучавани, но и преподаватели – експерти в ИПО, като отговорите на последните могат да имат по-съществен принос (напр. по-голяма тежест) в процеса на генериране. Следвайки принципите [38, 39] на акумулиране на отговори и генериране на нови типове ТЕ (вкл. с използване на схеми за оценяване на различни когнитивни равнища [7]), в процеса на виртуално обучение могат да бъдат постоянно натрупвани и оценявани кандидат-данни за този вид метаданни.

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

**Таблица 3.3. Примерни акумулативни въпроси по стандарт LOM**

**Втората група методи** (за автоматизирано извличане) включва подходи за търсене на информация в текстовото съдържание на учебния материал и извличане на данни от физическия файл, в който е съхранен и методи за класификация спрямо предварително създадени речници, например идентификация на езика.

Методите от **третата група** провеждат анализ на връзки, отношения, взаимодействия и данни за потребители, структура на обекти и др. под. в автоматизираната система.

Методите от **четвъртата група** са предназначени за търсене и откриване на съответни метаданни във вече създадени хранилища. В [22] е направено проучване на такива хранилища, базирани на LOM.

**Петата група** от методи определят метаданни, които се формират още при създаването на системата за обучение и схемата за мета-метаданни.

Всеки от представените в **Таблица 3.3** акумулативен въпрос по стандарта LOM има своето място в когнитивните равнища и компоненти на знанието на ПТБ. Например въпрос „Избройте (поне 5) ключови понятия, свързани с учебния обект.“ се намира в клетка ‘анализ’ на ‘понятия’ в **Таблица 3.1**. Включването им в процеса на обучение като част от стартовата процедура за генериране на ТЕ довежда до събиране на информация относно учебните единици (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 осигуряване на адаптивността при избора на УО:

В резултат на включване на въпросите от **Таблица 3.3**, 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: 1) **автоматизирано генериране на полетата метаданни**, свързани със съдържанието на УО; 2) **оценяване на качеството и трудността на материалите**; 3) **повишаване на ефективността при избор на УО**. В случай че дадена група от ТЕ произхожда от няколко УО, се появява възможността за избор при определяне на учебното съдържание, т.е. по определени критерии съдържанието на е-курс може да се оптимизира (избор на най-малък като обем материал или този, след изучаването, на когото са получени по-високи резултати).

Изграждането на е-курсове с персонализирано съдържание включва следните етапи:

Етап 1. Определяне на връзките между ТЕ и УО-източници;

Етап 2. Стартиране на процеса на първоначално генериране на нови ТЕ от различен тип;

Етап 3. Генериране на метаданните за УО-източници;

Етап 4. Оценка на резултатите при отговор на ТЕ от различни равнища;

Етап 5. Определяне на подходящи УО спрямо получените оценки;

Етап 6. Стартиране на същинско адаптивно тестово изпитване.

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 учебния обект или група обекти, от които се извлича информация за нея, позволява съотнасяне на полетата с метаданни, описващи съдържанието на УО, към визитката на ТЕ. Например част от ключовите думи в изучаван текст характеризират ТЕ, която служи за проверяване на знанията за основните понятия в текста.

### 3.3 Анализ и проектиране

В настоящия раздел от дисертационното изследване е представен анализ и проектиране на адаптивна тестова система с генериране на калибрирана банка от ТЕ. В основата на разработваното софтуерно решение са АТЕ и учебните цели, категоризирани в когнитивните равнища на ПТБ. Изборът на ТЕ в процеса на изпитване се осъществява в зависимост от постиженията на обучавания. Тестовата система е изградена на базата на CeO Moodle – многоезична (с версии на повече от 70 езика) система за управление на учебно съдържание с отворен код.

Използвани са основните функционалности на Moodle, като системата е разширена с допълнителни модули за създаване на нов тип ТЕ – АТЕ и акумулативно и адаптивно тестово изпитване. Адаптивната тестова система осигурява процеса на генериране на ТЕ, основан на АТЕ, които могат да бъдат от различни когнитивни равнища и да оценяват различните компоненти на знанието.

В Moodle не се поддържат адаптивност при определяне на съдържанието на тестове и автоматизирано генериране на ТЕ, което налага разширяване на възможностите с допълнително разработени модули за създаване на тестови въпроси и персонализирано тестово изпитване, основано на индивидуалните постижения на обучавания.

## Анализ

Съобразно изискванията при разработване на софтуерни системи, описани в [40] и анализа на необходимите средства за реализация на представения в предходните глави на дисертационното изследване модел, са определени и съответните функционални и нефункционални изисквания към системата за адаптивно тестово изпитване.

**Функционалните изисквания** към адаптивната тестова система се състоят в осигуряване на следните възможности:

- създаване на **акумулативен тип въпрос** – ТЕ от отворен тип с определено равнище на трудност;
- възможност за определяне на **когнитивно равнище и ниво на знание**, съобразно ПТБ;
- определяне на **логическите връзки между ТЕ**;
- поддържане на **работен поток**;
- съхраняване на верни и грешни отговори за всяка ТЕ;
- осигуряване на възможност за **генериране на нови ТЕ** от различен тип, с използване на вече съществуващи ТЕ;
- осигуряване на средства за редактиране на генерираните въпроси;
- определяне на стратегия за обхождане на работния поток;
- **динамично отчитане на резултатите на обучаваните** – поддържане на история на постиженията на потребителите;
- обновяване на модела на обучавания (постиганията му).

**Нефункционални изисквания** към системата за адаптивната тестова система:

- **практичност (приложимост)** – използване на подходящ потребителски интерфейс, в унисон с базовата СеО;
- **ефективност** – осигуряване на подходящи връзки и обработване на процеси при извършване на действията в системата;
- **надеждност** – разграничаване на достъпа до различни ресурси;
- **преносимост** – използването на уеб интерфейс и модулността на системата гарантират гъвкавост и лесна разширяемост.

## Проектиране

Проектирането на адаптивната тестова система изисква:

- определяне на подходяща среда (СеО);
- конструиране на процесите, които ще бъдат извършвани;
- определяне на ролите на участниците;
- описание на дейностите, извършвана в системата.

CAT се състои от две основни подсистеми:

1. подсистема за автоматизирано генериране на ТЕ;
2. подсистема за създаване на адаптивни тестове;

### 3.4 Реализация

Проектираната в зависимост от функционалните и нефункционални изисквания адаптивна тестова система е изградена като допълнение на съществуваща СеО. Спазени са правилата за разработване на нови модули към структурата на СеО и е запазена схемата на БД, като са добавени нови таблици и пакети, които осигуряват допълнителните характеристики, необходими за постигане на адаптивност и автоматизирано генериране на ТЕ. В следващите раздели на дисертацията са представени схемата на БД и модулите, с включената в тях йерархия от класове на адаптивната тестова система.

#### 3.4.1 Модел на базата данни

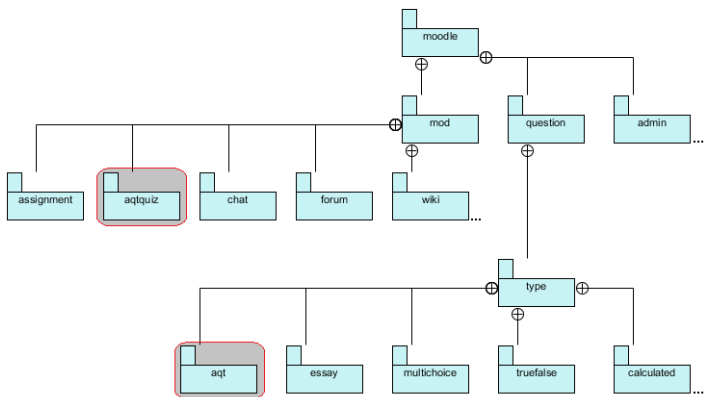
При разработване на АСеО се използва релационния модел на данните, основан на свойствата и операциите в релационната алгебра. Предимствата на този модел при изграждането генератор на тестове са описани в [52, 53].

Схемата на БД на адаптивната тестова система се състои от 46 таблици (21 нови), които съхраняват необходимите данни както за различните видове ТЕ и техните характеристики, така и за модула за адаптивно тестово изпитване. Системата за управление на БД е MySQL. Връзките между таблиците са съобразно съответните първични и външни ключове. С оглед на възможността за по-добро онагледяване схемата на БД е разделена условно на две групи от таблици, които са взаимно свързани. Първата група, осигуряваща съхраняването на данни, които се отнасят за ТЕ и техните характеристики.

Втората група се състои от таблици, съхраняващи данните за създаване на акумулативни тестове, с възможност за генериране на нови ТЕ и адаптивност в изпитването. В тях се запазва информацията, която осигурява преминаването през различните етапи на създаване на тестове.

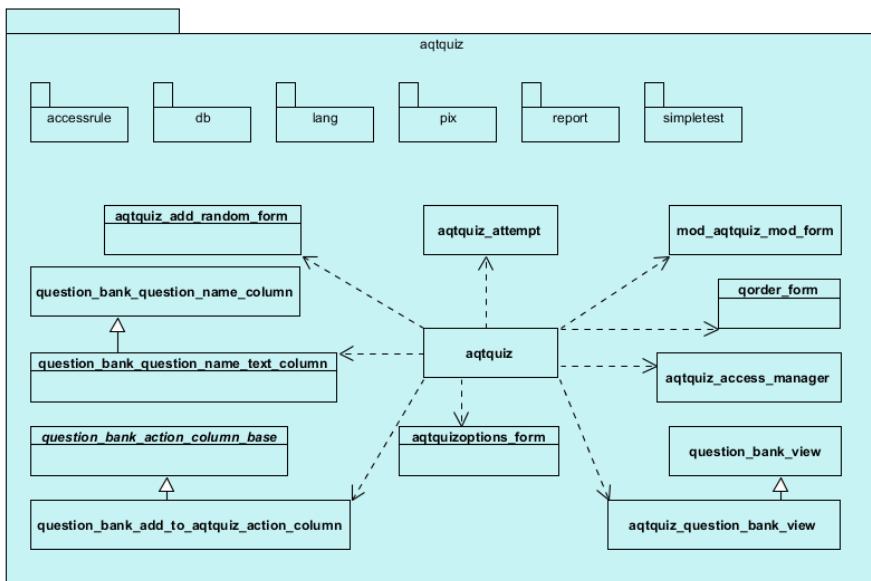
#### 3.4.2 Йерархия на класовете

Пакетната структура на адаптивната тестова система се състои от два основни модула – **aqf** и **aqquiz**, които са част от модулната композиция на СеО с отворен код Moodle и при проектирането им са спазени въведените правила за изграждане на нови модули в тази СеО. На **Фигура 3.2.** е представена част от йерархията от пакети в Moodle и мястото на двата нови пакета **aqf** и **aqquiz** в тази йерархия.



**Фигура 3.2. Йерархия на пакетите в СеО**

В пакета **aqt** се реализира нов тип ТЕ, която е от отворен тип, с отчитане на когнитивното равнище и нивото на знания. Този нов тип е структуриран като е спазена конструкцията на вградените типове въпроси в Moodle и се намира в пакета **type** на **question**. В класа, който реализира новия тип ТЕ, са добавени методи за определяне на когнитивното равнище и елемент на знание, като са осигурени връзките с БД и съхраняването на новите опции и съответния интерфейс за връзка с потребителите, които въвеждат въпросите.



**Фигура 3.3. Структура на пакета aqtquiz**

Вторият главен модул на адаптивната тестова система, който осигурява генерирането на нови ТЕ и персонализираното съдържание на теста, е **aqquiz**, неговата схема е представена на **Фигура 3.3**. Той се състои от следните подпакети: **accessrule, db, lang, pix, report, simletest**, които са базови в Moodle и изпълняват различни функции за осигуряване на дейностите, свързани с тестовото изпитване и допълнителни класове, разширяващи функционалностите му.

Адаптивният тест, който съдържа въпроси от различни равнища на трудност (когнитивно равнище и елемент на знание), се генерира на базата на предварително зададени параметри:

- определяне на **стартов елемент** – предвидени са две възможности: посочване на конкретна ТЕ или въвеждане на първоначално когнитивно равнище и елемент на знание. При избор на втория вариант от всички въпроси от конкретното ниво се избира ТЕ, която няма предшественици на случаен принцип;
- стратегия за **обхождане на графа с ТЕ** – в системата е реализирана възможността за указване на различни схеми за избор на поредността на представяне на ТЕ: посочване на конкретните равнища, през които трябва да се премине или посочване на брой въпроси от всяко;
- фиксиране на **критерии за край** на теста – осигурени са възможности за посочване на максимален брой въпроси за теста, максимален брой въпроси за всяко равнище на трудност, достигане до фиксирано равнище и конкретна ТЕ.

За създаването на адаптивен тест, на базата на тези входни параметри са реализирани съответните функции, които осигуряват изпълнението на алгоритъма за избор на ТЕ от различни равнища:

Стъпка 1. определят се всички ТЕ, които нямат предшественици като ТЕ от 'нулево ниво';

Стъпка 2. Избора се стартов елемент – ако не е определен моделът на обучавания в БД, избираме елемент, който отговаря на условията за първоначална ТЕ;

Стъпка 3. определя се текущо когнитивно равнище и елемент на знанието;

Стъпка 4. предоставя се ТЕ за отговор на обучавания;

Стъпка 5. оценява се полученият отговор;

Стъпка 6. маркират като ТЕ от 'нулево ниво' всички ТЕ, които нямат предшественици или на всички техни предшественици възли се разполага с верни отговори;

Стъпка 7. проверява се дали обучаваният е приключил с текущото равнище – отговорил е вярно на броя въпроси, зададен като параметър при създаването на теста. Ако резултатът е положителен, се преминава към следващо когнитивно равнище, в противен случай се рестартира текущото равнище;

Стъпка 8. тестът приключва, ако се достигне до зададените като критерии за край на изпитването параметри. В противен случай се връщаме в Стъпка 2;

Стъпка 9. Обновява се модела на обучавания с получените резултати от теста.



Алгоритъмът е приложен в адаптивната тестова система, като тестовете се конструират от АТЕ с конкретно равнище на трудност. След създаването на банката от тестови въпроси и определяне на връзките между тях чрез прилагане на алгоритъма се постига автоматизирано генериране на тестове в системата. Интерфейсът на тестовото изпитване в този случай, от гледна точка на потребителя не се различава от стандартно използвания в Moodle.

### **3.5 Експерименти**

В настоящия раздел от дисертацията са описани експериментите, проведени с изградената система за адаптивно тестово изпитване с автоматизирано генериране на калибрирана банка от ТЕ и използване на една конкретна е-дейност за оценяване на равнището на знания на обучаваните, с приложение в курс по програмиране. Резултатите от проведените експерименти са анализирани и са направени изводи за приложимостта на представените подходи и възможностите за тяхното усъвършенстване.

#### **3.5.1 Адаптивна тестова система**

В създадената адаптивна тестова система е проведен експеримент за генериране на нови ТЕ на базата на АТЕ и натрупани верни и грешни отговори в процеса на тестово изпитване.

Групата обучавани се състои от студенти първи курс, специалност „Информатика” в ПУ „Паисий Хилендарски”. Общият брой на студентите в курса е 99. Тестовото изпитване е част от е-дейностите в курса по „Основи на компютърната информатика” (ОКИ) и включва 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, от които 53% са дали над 50% верни отговори. След приключване на тази фаза, разполагаме с информация за две съществени характеристики на всяка ТЕ: оценка за трудността и дискриминативната сила. Трудността се определя по формула (3.1).

В следствие на получените резултати от изпитването, студентите са разделени условно на две групи – ‘силни’ и ‘слаби’, като това разделение служи за определяне на дискриминативната сила на ТЕ по формула (3.2).

При анализ на данните, получени на първи 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. Въпросите с много голяма и много малка трудност отпадат в следващите етапи на създаване на банката от ТЕ. 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 (трудността и дискриминативната им 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.

### 3.5.2 Е-дейност „Решаване на комбинаторни задачи“ (с приложение в курс по програмиране)

В настоящия раздел на дисертационното изследване е представена е-дейност „Решаване на комбинаторни задачи“ в контекста на курс по програмиране за развитие на логическото, комбинативно и алгоритмично мислене при обучаемите [48]. Целта е, при извършването на тази дейност обучаваните да усвоят и приложат конкретни знания и да се оценят на уменията им.

#### 3.5.2.1 Постановка на задачата

Нека  $n$  е произволно цяло положително число и нека  $m = n^2$ . Нека  $S = (s_{ij})$  е квадратна  $m \times m$  матрица, всички елементи на които са цели числа принадлежащи на затворения интервал  $[1, m]$ . С помощта на  $n - 1$  хоризонтални и  $n - 1$  вертикални линии, прекарани съответно между някои от редовете и някои от стълбовете, матрицата  $S$  е разделена на  $n^2$  непресичащи се  $n \times n$  квадратни подматрици, които ще наричаме блокове

Нека да означим блоковете в дефинираната по-горе матрица  $S = (s_{ij})$  с  $A_{kl}, 1 \leq k, l \leq n$ . Тогава по дефиниция ако  $s_{ij} \in A_{kl}$ , то  $1 + (k - 1)n \leq i \leq kn$  и  $1 + (l - 1)n \leq j \leq ln$ .

Ще казваме, че  $S = (s_{ij}), 1 \leq i, j \leq m = n^2$ , е *судоку-матрица*, ако във всеки ред, всеки стълб и всеки блок съществува точно по едно число от множеството  $Z_m = \{1, 2, \dots, m = n^2\}$ .

Задачата на обучаваните е да създадат клас множество, с описание на специфичните методи, реализиращи операциите над множества. Такъв вид дейност ще доведе до развиване на уменията на обучаваните за работа с базови за дисциплината „Програмиране“ умения и до възможност за оценяване на знанията им.

#### 3.5.2.2 Алгоритъм за намиране на всички решения на Судоку пзъл

В този раздел от дисертационното изследване е описан алгоритъм за създаване на компютърна програма, намираща всички решения (ако съществуват) на произволно судоку. За целта ще бъдат използвани познания от теория на множествата.

Разглеждаме множествата  $R_i$ ,  $C_j$  и  $B_{kl}$ , където  $1 \leq i, j \leq m = n^2$ ,  $1 \leq k, l \leq n$ . За всяко  $\forall j = 1, 2, \dots, m$ , множеството  $R_j$  се състои от всички липсващи числа в  $i$ -я ред на матрицата. Аналогично дефинираме и множествата  $C_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$  съответно за липсващите числа в  $j$ -я стълб и  $B_{kl}$ ,  $k, l = 1, 2, \dots, n$  съответно за липсващите числа в блоковете  $A_{kl}$  на  $S$ .

Началото на алгоритъма се състои в многократното обхождане на всички елементи  $s_{ij} \in S$ , такива че  $s_{ij} = 0$ , т.е. това са елементите, чийто истински стойности трябва да открием.

Нека  $s_{ij} = 0$  и нека  $s_{ij} \in A_{kl}$ . Полагаме

$$P = R_i \cap C_j \cap B_{kl}.$$

Тогава са възможни следните три случая:

Случай 1.  $P = \phi$  (празното множество). В този случай задачата няма решение;

Случай 2.  $P = \{d\}$ ,  $d \in Z_m = \{1, 2, \dots, m\}$ , т.е. броят  $|P|$  на елементите на  $P$  е равен на 1 ( $P$  е едноелементно множество). Тогава единствената възможност за  $s_{ij}$  е  $s_{ij} = d$ , т.е. в този случай сме открили неизвестната стойност на  $s_{ij}$ . След това премахваме общия елемент  $d$  от множествата  $R_i$ ,  $C_j$  и  $B_{kl}$ , след което преминаваме към следващия нулев елемент на матрицата  $S$  (ако съществува такъв);

Случай 3.  $|P| \geq 2$ . Тогава нищо не можем да кажем за неизвестната стойност на  $s_{ij}$  и преминаваме към следващия липсващ (нулев) елемент на матрицата  $S$ .

Обхождането на нулевите елементи на матрицата  $S$  продължава докато не настъпи едно от следните събития:

1) За някои  $i, j \in \{1, 2, \dots, m\}$  е изпълнено  $s_{ij} = 0$ , но  $P = R_i \cap C_j \cap B_{kl} = \phi$ ;

2) Всички елементи на  $S$  станат строго положителни;

3) Обходени са всички нулеви елементи на  $S$ , но не е настъпило нито събитие 1), нито събитие 2). С други думи при всички оставащи нулеви елементи на  $S$ , винаги е в сила описаният по-горе Случай 3.

В случай, че настъпи едно от събитията 1) или 2), то процедурата спира своята работа и извежда полученият резултат.

В случай, че настъпи събитие 3), алгоритъмът трябва да продължи изпълвайки други способности, например да приложим метода на „пробите и грешките“.

Включването на е-действието за намиране на решенията на Судоку пъзел, осигурява възможност за оценяване на нивото на постигане на заложените в обучението цели, а именно овладяване на принципите на работа с множества, побитови операции и рекурсия и начини за тяхното прилагане.

### 3.6 Заключение

В Глава 3 е описано проектирането на основен модул за СеО – *система за адаптивно тестово изпитване* и методи за *автоматизирано генериране на метаданни* за УО. В адаптивната тестова система с генериране на нови ТЕ в процеса на обучение е заложена рамката на ПТБ за определяне на когнитивното равнище и компонент на знание на всяка ТЕ, респективно текущото равнище на отделния обучаван. При разработването се разграничават няколко ключови етапа: **определяне на стартов елемент, критерии за край на теста и стратегия за движение в граф с ТЕ, с динамично отчитане на равнището на знания на обучаваните**. Постигнато е **калибриране на банката от ТЕ** във всеки етап от обучението. Генерирането на новите ТЕ се осъществява чрез включване на АТЕ в процеса на изпитване и след като се акумулират отговори на обучавани, тези отговори участват в текстовете на новите ТЕ. По този начин се автоматизира процеса на натрупване на по-голям брой въпроси, които междувременно са оценени и могат да бъдат избирани, на базата на трудността им (в този случай отчитайки двата параметъра: когнитивно равнище и компонент на знание) и дискриминативната им сила. В контекста на акумулативната идея е представен подход за автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти, с използване на АТЕ, по определени позиции на стандарта LOM.

Анализирани са различни възможности за реализация на адаптивна тестова система, като се преминава през следните основни етапи: анализ, проектиране, реализация и експерименти. Избрана е базова платформа с отворен код – Moodle, която позволява лесна разширяемост и подходящи характеристики за внедряване на адаптивен подход при определяне на учебно съдържание. Платформата е доусъвършенствана чрез добавяне на нови модули за адаптивно тестово изпитване, които включват и нов вид ТЕ, с възможности за определяне на когнитивно равнище и компонент на знание. С помощта на тестовата система е проведен експеримент с група от студенти, при който са използвани АТЕ и е генерирана калибрирана банка от въпроси с различно равнище на трудност. Резултатите от проведения експеримент показват, че разработения подход дава възможност за постигане на предварително заложените цели за автоматизирано генериране на ТЕ и осигуряване на адаптивно съдържание на е-тестове.

В настоящата глава от дисертационното изследване е разработен и реализиран алгоритъм за решаване на задачи за специален вид латински квадрати (т.нар. „Судоку“ пъзел). Представеният подход за решаването на поставената комбинаторна задача включва използването на множества, побитови операции и рекурсия, които са базови за обучението по програмиране.

## Заклучение

С оглед на повишаване на качеството в процеса на обучение, СеО се развиват главно в две посоки: **осигуряване на адаптивност и автоматизирано създаване на учебно съдържание**. Наличието на тези два компонента допринася за повишаване на ефективността и намаляване на преподавателския труд при изграждане на е-курсове. В дисертационното изследване е направено проучване на съществуващите АСеО и адаптивните модели, използвани в тях, което показва, че в преобладаващата си част подходите са базирани на модела на обучавания (най-вече на психологическия му профил) и отчитат междинните му резултати. В дисертационното изследване е представен адаптивен подход, базиран на е-дейности, категоризирани в рамката на когнитивните равнища и компоненти на знание на ПТБ. При внедряването на този вид рамка се постига едновременно отчитане на трудността на всяка е-дейност и предварително заложените учебни цели. Разработена е САТ, която използва подобен подход и включва автоматизирано генериране на ТЕ. Тестовото изпитване се провежда на два етапа: 1) предоставяне на обучаваните на АТЕ, чрез които се акумулират отговори на обучавани в процеса на изпитване и предоставяне на групата от изпитвани лица на генерираните в процеса нови ТЕ; 2) след оценяване тези отговори служат за генериране на нови ТЕ от различен тип, а чрез динамичен мониторинг на постиженията на обучаваните се постига и постоянно калибриране на банката от тестови въпроси.

Представена е таблица с голям брой АТЕ (над 100), независещи от ИПО, които дават възможност за стартиране на процес на генериране на ТЕ 'от нулата'. Създаден е граф, който представя логическите и смислови връзки между ТЕ и предоставя възможност за обхождане на възлите, които са на различни равнища, в зависимост от предварително заложените параметри на педагогическата стратегия. По този начин се осигурява голямо разнообразие от пътища за учене, които се определят в хода на обучение, на базата на отчитане на текущите резултати на обучаваните. С цел улесняване на многократното използване на УО и повишаване на качеството на е-курса е разработен и метод за автоматизирано генериране на метаданни за УО в процеса на обучение. Чрез предварително подбрани АТЕ, които се включват в схемата на адаптивния подход и имат конкретно място в когнитивните равнища на ПТБ се натрупва информация за полета метаданни по стандарта LOM, които са свързани с конкретния е-курс и не могат да бъдат разглеждани извън контекста на обучението, като например трудност на УО.

Представеният адаптивен подход е осъществен в случая на конкретна е-дейност – тестово изпитване, като е осъществена и възможност за автоматизирано генериране на ТЕ от различен тип. Анализ на експерименти проведени със създадената система води до следния извод: описаният модел има успешна реализация и увеличава ефективността на е-обучението, като улеснява преподавателския труд за автоматизирано създаване на адаптивни е-курсове.

В дисертационното изследване са направени следните приноси:

### Научни приноси:

1. Въведен е общ **подход за класификация и оценяване на е-дейности** на базата на когнитивните равнища на ПТБ с цел тяхното използване в адаптивни е-курсове и е-тестове;

2. Създаден е **когнитивно-диагностичен модел на е-дейност**, подходящ за реализация на адаптивни СеО, същността на който се заключава във възможността за динамично отчитане и обобщаване на резултатите от участие на обучаваните в съответната е-дейност.

#### **Научно-приложни приноси:**

1. Развит е **подход за проектиране на адаптивни СеО**, в който процесът на виртуално обучение, представен като редица от цифровизирани учебни е-дейности се базира на динамично оценяване на равнището на знания на обучавания и се управлява от учебни цели;

2. Предложени са **средства за моделиране, оптимизирано представяне и компютърна реализация на педагогически стратегии за адаптивно е-обучение**, представено като редица от е-дейности;

3. Разработен е **метод за автоматизирано създаване („от нулата“) на БД от ТЕ (различни типове) в произволна ПО**, вкл. автоматизирано генериране на калибрирана банка от ТЕ в дадената ПО;

4. Създаден е **общ метод за избор на ТЕ в зависимост от модела на обучавания**, базиран на оценка на когнитивните равнища на ПТБ;

5. Разработен е **алгоритъм за намиране на мощността на елементите на фактормножеството**, относно релацията на еквивалентност, състояща се от преместване на първи ред или стълб на матрицата на последно място, като са използвани предимствата на побитовите операции в програмирането;

6. Изграден е **математически модел, описващ многообразието на различните тъкачни структури** чрез използване на апарата на матричната алгебра. Намерена е точна оценка за различни класове от тъкачни сплитки;

7. Предложен е **алгоритъм за намиране на всички решения на специален вид латински квадрати**, с използването на различни програмни структури и прилагането му в процес на обучение.

#### **Приложни приноси:**

1. Реализиран е **подход за автоматизирано генериране на метаданни за учебни е-обекти** (в стандарт LOM) в рамките на процеси на виртуално обучение и акумулативно тестово изпитване;

2. Проведени са **експерименти** с използване на създадените модели, средства и системи и са **анализирани получените резултати**.

#### **Перспективи в изследването:**

- разработване и софтуерна на методи за автоматизирано оценяване на резултати от извършвани дейности в процеса на обучение;

- усъвършенстване на модела на обучавания с отчитане на личностните му характеристики (стил на учене) – нужди и предпочитания чрез извършване на необходимите, психологически изследвания;

- изграждане и реализация на средства за осигуряване на връзка между стил на учене и педагогическа стратегия за представяне на УО;

- осъществяване на експерименти при автоматизирано генериране на адаптивно съдържание на е-курсове, на базата на акумулативни е-дейности;
- прилагане на акумулативния подход за определяне на учебно съдържание в различни ИПО;

Резултатите от дисертационното изследване са отразени в следните публикации:

П1. K. YORDZHEV, Hr. KOSTADINOVA, *Mathematical Modeling of the Weaving Structure Design. Mathematics and education in mathematics*, Albena, 2010, 212-220.

П2. Hr. KOSTADINOVA, K. YORDZHEV, *A Representation of Binary Matrices. Mathematics and education in mathematics*, Albena, 6-10 April 2010, 198-206.

П3. К. Йорджев, Хр. Костадинова, Приложение на математически методи в сплиткознанието за получаване на количествени оценки на многообразието на тъканните сплитки. *Текстил и облекло* 1, 2011, 7-10.

П4. Костадинова, Хр., Г. Тотков, М. Райкова, Към автоматизирано генериране на тестове по Блум, 40-та Юбилейна конференция на СМБ, Боровец, 5 – 9 април 2011 г., 413-422.

П5. Kostadinova, Hr., K. Yordzhev, *An Entertaining Example for the Usage of Bit-wise Operations in Programming, Fourth International Scientific Conference FMNS-2011, 08 – 11.06.2011, Blagoevgrad, BULGARIA*, 159-168.

П6. Костадинова, Хр., Г. Тотков, Д. Благоев, Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти, Сборник на 4-та национална конференция „Образованието в информационното общество“, 26-27 май 2011 г., Пловдив, 44-52.

П7. Raykova, M, Hr. Kostadinova, G. Totkov, *Adaptive Test System Based on Revised Bloom's Taxonomy, CompSysTech'11*, 16-17 June 2011, Vienna, Austria, 504-509.

П8. Костадинова, Хр., Г. Тотков, Проектиране на адаптивни СеО: подход основан на учебни е-дейности по Блум, Сборник на международна научна конференция „Приложение на информационните и комуникационни технологии в икономиката и образованието“, 2-3 декември, 2011 г., УНСС, София, 458-465.

П9. K. YORDZHEV, Hr. KOSTADINOVA, *On some entertaining applications of the concept of set in computer science course, Information Technologies in Education*, Issue 10, 2011.

П10. Костадинова, Хр., Г. Тотков, Хр. Инджов, Акумулативни учебни е-дейности по Блум (с експеримент за персонализирано обучение в Moodle), Сборник с доклади на 5-та национална конференция “Образованието в информационното общество”, 31.05.2012г. – 01.06.2012г., Пловдив, 50-58.

П11. Hr. Kostadinova, G. Totkov, Hr. Indzhov, *Adaptive E-learning System Based on Accumulative Digital Activities in Revised Bloom's Taxonomy, CompSysTech'12*, 22-23 June 2012, Ruse, Bulgaria.

П12. K. YORDZHEV, H. KOSTADINOVA, *Mathematical Modeling in the Textile Industry, Bulletin of Mathematical Sciences & Applications*, 2012, vol 1, No 1, 20-35.

## Цитирания:

Публикацията: Костадинова, Хр., Г. Тотков, М. Райкова, *Към автоматизирано генериране на тестове по Блум*, 40-та Юбилейна конференция на СМБ, Боровец, 5 – 9 април 2011 г., 413-422.

е цитирана в:

Орзова, Д. & Жечева, В. За добавената стойност на електронните курсове, Сборник на 4-та Нац. конференция „Образованието в информационното общество“, (ред. Г. Тотков и Ив. Койчев), 26-27 май 2011 г., Пловдив, Асоциация „Развитие на информационното общество“, София, ISSN 1314-0752, 104-110.

Задача	Принос	Публикация	Раздел
Задача 1.	Научен принос 1 Научен принос 2	<b>П8, П10, П11;</b>	2.1., 2.2.
Задача 2.	Научен принос 1; Научен принос 2; Научно-приложен принос 1; Научно-приложен принос 2;	<b>П8, П10, П11</b>	2.1., 2.2.
Задача 3.	Научно-приложен принос 3; Научно-приложен принос 4;	<b>П4, П7</b>	3.1.
Задача 4.	Приложен принос 1;	<b>П6</b>	3.2.
Задача 5.	Научно-приложен принос 5 Научно-приложен принос 6	<b>П1, П2, П12</b>	2.3.
Задача 6.	Научно-приложен принос 5; Научно-приложен принос 6;	<b>П3</b>	2.3.
Задача 7	Научно-приложен принос 3; Научно-приложен принос 4; Приложен принос 2;	<b>П4, П7</b>	3.1., 3.3., 3.4., 3.5.1.
Задача 8	Научно-приложен принос 7;	<b>П5, П9;</b>	3.5.2.

## Библиография

- [1] Бижков, Г. *Методология и методи на педагогическите изследвания*. София: Аскони-Издат, 1995.
- [2] Денев, Й. & Щраков, С. *Дискретна математика*. Благоевград: ЮЗУ "Н. Рилски", 1995.
- [3] Йорджев, К & Костадинова, Хр. Приложение на математически методи в сплиткознанието за получаване на количествени оценки на многообразието на тъкачните сплитки. *Текстил и облекло*, vol. 1, pp. 7-10, 2011.
- [4] Костадинова, Хр. & Тотков, Г. Проектиране на адаптивни системи за електронно обучение – подход, основан на учебни е-дейности по Блум. *Международна научна конференция "Приложение на информационните и комуникационни технологии в икономиката и образованието"*, София, 2011, pp. 458-465.



- [5] Костадинова, Хр., Тотков, Г. & Благоев, Д. Автоматизирано генериране на метаданни за учебни обекти. *Образованието в информационното общество*, Пловдив, 26-27 май 2011, pp. 44-52.
- [6] Костадинова, Хр., Тотков, Г. & Инджов, Хр. Акумулативни учебни е-дейности по Блум (с експеримент за персонализирано обучение в Moodle). *Образованието в информационното общество*, Пловдив, 2012, pp. 50-58.
- [7] Костадинова, Хр., Тотков, Г. & Райкова, М. Към автоматизирано генериране на тестове по Блум," in *40-та Юбилейна конференция на СМБ*, Боровец, 2011, pp. 413-422.
- [8] Курош, А., Г. *Курс высшей алгебры*. Москва: Наука, 1975.
- [9] Мельников, О. В., Ремесленников, В. Н., Романков, В. А., Л. А. Скорняков, & Шестяков, И. П. *Общая алгебра*. Москва: Наука, 1990.
- [10] Мирчев, И. *Графи. Оптимизационни алгоритми в мрежи*. Благоевград: Университетско издателство "Неофит Рилски", 2001.
- [11] Тупаров, Г. & Дурева, Д. *Електронно обучение - технологии и модели*. Благоевград: Университетско издателство "Неофит Рилски", 2008.
- [12] Щраков, С., Йорджев, К. & Тодорова, М. *Ръководство за решаване на задачи по дискретна математика*. Благоевград: ЮЗУ "Н. Рилски", 2004.
- [13] Ackerman, T. A., Gierl, M. J. & Walker, C. M. Using multidimensional item response theory to evaluate educational and psychological tests. *Educational Measurement: Issues and Practice*, pp. 37-51, 2003.
- [14] Anderson, L. & D. Krathwohl, *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Complete edition*. New York: Longman, 2001.
- [15] Articulate Quizmaker. [Online] <http://www.articulate.com/products/quizmaker.php>
- [16] Bauer, M. & Maier, R. Metadata Generation for Learning Objects: An Experimental Comparison of Automatic and Collaborative Solutions, *E-Learning*, pp. 181-195, 2010.
- [17] Bloom, B. *Taxonomy of Educational Objectives*. Boston: Allyn and Bacon, MA Copyright (c) 1984 by Pearson Education, 1956.
- [18] Bonita Open Solution. [Online] <http://www.bonitasoft.com/>
- [19] Cardinaels, K. & Meire, M. & Duval, E. Automating Metadata Generation: the Simple Indexing Interface. *14th international conference on World Wide Web*, 2005, pp. 548-556.
- [20] Churches, A. Bloom's Digital Taxonomy. [Online] <http://edorigami.wikispaces.com>.
- [21] Conole, G. & Fill, K. A Learning Design Toolkit to Create Pedagogically Effective Learning Activities. *JIME Special Issue: Advanced in Learning Design*, 2005.
- [22] Duval, E. & Neven, F. Reusable Learning Objects: a Survey of LOM-based Repositories. MULTIMEDIA '02, *Tenth ACM international conference on Multimedia*, 2002.
- [23] Fischer, G. H. & Molenaar, I. W. *Rasch models: Foundations, recent*

*developments*. New York: Springer, 1995.

- [24] Franzoni, A. L. & Assar, S. Student Learning Styles Adaptation Method Based on Teaching Strategies and Electronic Media. *Educational Technology & Society*, vol. 12, no. 4, pp. 15-29, 2009.
- [25] Frey, A. & Seitz, N. N. Multidimensional adaptive testing in educational and psychological measurement: Current state and future challenges, *Studies in Educational Evaluation*, pp. 89-94, 2009.
- [26] GamalelDin, S. & AlOtaibi, R. Smart Assistant for Adaptive Course Preparation and Delivery in eLearning Environment. *The Proceedings of the 7th European Conference on eLearning*, Agia Napa, 2008.
- [27] Gierl, M.J. Zhou, J. & Alves, C. Developing a Taxonomy of Item Model Types to Promote Assessment Engineering. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 2008.
- [28] Swaminathan, R. K., & Hambleton, H. *Item response theory: Principles and applications*. Boston: Kluwer, 1985.
- [29] Handschuh, S. Staab, S. & Ciravegna, F. S-CREAM Semi-automatic CREAtion of Metadata. *EKAW '02, 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management. Ontologies and the Semantic Web*, 2002.
- [30] Kostadinova, Hr., Totkov, G. & Indzhov, Hr. Adaptive E-learning System Based on Accumulative Digital Activities in Revised Bloom's Taxonomy. *CompSysTech'12*, Ruse, 22-23 June 2012.
- [31] Kostadinova, Hr. & Yordzhev, K. A Representation of Binary Matrices. *Mathematics and education in mathematics*, Albena, 2010, pp. 198-206.
- [32] Kostadinova, Hr. & Yordzhev, K. An Entertaining Example for the Usage of Bitwise Operations in Programming. *Fourth International Scientific Conference FMNS-2011*, Blagoevgrad, 2011, pp. 159-168.
- [33] Leighton, J. P. Gierl, M. J & Hunka, S. M. The attribute hierarchy model for cognitive assessment: A variation on Tatsuoaka's rule-space approach. *Journal of Educational Measurement*, pp. 205-237, 2004.
- [34] Raykova, M. Kostadinova, Hr.& Totkov, G. Adaptive Test System Based on Revised Bloom's Taxonomy. *CompSysTech'11*, Vienna, 2011, p. 504509.
- [35] Reckase, M. D. Multidimensional item response theory. *Handbook of statistics*. Amsterdam: Elsevier, 2007, p. 607–642.
- [36] Roy, S. Adaptive Elearning system: A Review. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 2011.
- [37] Towle, V., Shute, B. Adaptive Elearning, *Educational Psychologist*, vol. 38, no. 2, p. 105114, 2003.
- [38] Sokolova, M. & Totkov, G. Accumulative Question Types in e-Learning Environment. *Int. Conf. on Computer Systems and Technologies (e-learning)*, *CompSysTech'07*, Rousse, 2007.
- [39] Sokolova, M. & Totkov, G. Extended IMS Specification for Accumulative Test System. *9th Int. Conf. on CompSysTech*, vol. 374, Gabrovo, 2008, pp. V.14-1–

- [40] Sommerville, I. *Software Engineering*. Harlow, England: Pearson Education Limited, 2007.
- [41] 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), CompSysTech'04*, Rousse, 2004, p. IV.12.1 – IV.12.6.
- [42] Triantafyllou, E., Georgiadou, E. & Economides, A.A. Applying Adaptive Variables in Computerised Adaptive Testing. *Australasian Journal of Educational Technology*, 2007.
- [43] van Seters, J.R., Ossevoort, M.A, Trampep, J. & Goedhart, M.J. The influence of student characteristics on the use of adaptive e-learning material. *Computers & Education*, pp. 942-952, 2012.
- [44] Warpechowski, M., Souto, M. A. M. & de Oliveira, J. P. M. Techniques for Metadata Retrieval of Learning Objects. *Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for e-Learning (SW-EL@AH'06)*, 2006.
- [45] Weiss, D. J. Adaptive Testing by Computer. *Journal of Consulting and Ginkal Pathology*, vol. 53, pp. 774-789, 1985.
- [46] Yen, Y. C., Ho, R. G. Liao, W. W. & Chen, L. J. Reducing the Impact of Inappropriate Items on Reviewable Computerized Adaptive Testing. *Educational Technology & Society*, pp. 231-243, 2012.
- [47] Yordzhev, K. An Example for the Use of Bitwise Operations in Programming. in *Mathematics and education in mathematics*, vol. 38, 2009, pp. 196-202.
- [48] Yordzhev, K. Random Permutations, Random Sudoku Matrices and Randomized Algorithms. *International Journal of Mathematical Sciences and Engineering Applications*, vol. 6, no. VI, pp. 291-302, 2012.
- [49] Yordzhev, K. & Kostadinova, Hr. Mathematical Modeling in the Textile Industry. *Bulletin of Mathematical Sciences & Applications*, vol. 1, pp. 20-35, 2012.
- [50] Yordzhev, K. & Kostadinova, Hr. Mathematical Modeling of the Weaving Structure Design. *Mathematics and education in mathematics*, Albena, 2010, pp. 212-220.
- [51] Yordzhev, K. & Kostadinova, Hr. On some entertaining applications of the concept of set in computer science course. *Information Technologies in Education*, no. 10, 2011.
- [52] Yordzhev, K. & Peneva, I. Computer Administering of the Psychological Investigations: Set-Relational Representation. *Open Journal of Applied Sciences*, vol. 2, pp. 110-114, 2012.
- [53] Yordzhev, K. Peneva, I. & Kirilieva-Shivarova, B. A Relational Model of Personality Psychological tests," in *3rd International Conference of Faculty of Mathematics & Natural Science (FMNS2009)*, Blagoevgrad, 2009, pp. 69-77.