

ПЛОВДИВСКИ УНИВЕРСИТЕТ „ПАИСИЙ ХИЛЕНДАРСКИ“
ФАКУЛТЕТ ПО МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
КАТЕДРА „КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ“

ВЕСЕЛИН НИКОЛАЕВ КЮРКЧИЕВ

**ИНСТРУМЕНТИ
ЗА АДАПТИВНО ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд
за присъждане на образователната и научна степен „доктор“
по област на висше образование: 4. Природни науки,
математика и информатика
професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки,
докторска програма: Информатика

Научни ръководители: проф. д-р Асен Рахнев
доц. д-р Николай Павлов

Пловдив, 2019 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на катедра „Компютърни технологии“ при Факултета по математика и информатика на ПУ „Паисий Хилендарски“.

Дисертационният труд съдържа 170 страници, от които 130 страници основна част и три приложения – 40 страници. Използваната литература включва 240 източника – 203 заглавия на латиница, 19 на кирилица и 18 интернет адреса.

Списъкът на авторските публикации се състои от 5 заглавия.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на от в Заседателната зала на новата сграда на ПУ „Паисий Хилендарски“, гр. Пловдив.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в секретариата на ФМИ, нова сграда на ПУ, каб. 330, всеки работен ден от 8:30 до 17:00 часа.

Автор: Веселин Николаев Кюркчиев

Заглавие: „Инструменти за адаптивно електронно обучение“

Университетско издателство „Паисий Хилендарски“

Пловдив, 2019 г.

Съдържание

| | |
|---|-----------|
| Обща характеристика на дисертационния труд | 5 |
| <i>Актуалност на проблема.....</i> | 5 |
| <i>Цел и задачи на дисертационния труд</i> | 5 |
| <i>Структура и обем на дисертационния труд.....</i> | 5 |
| Кратко съдържание на дисертационния труд | 6 |
| Глава I. Адаптивност в системите за електронно обучение | 6 |
| <i>Теоретични подходи за адаптивно обучение</i> | 7 |
| <i>Видове адаптивни системи за електронно обучение.....</i> | 8 |
| <i>Видове адаптивност в системите за електронно обучение.....</i> | 9 |
| <i>Методи и техники за реализация на адаптивно обучение в системите за електронно обучение.....</i> | 9 |
| <i>Адаптивна хипермедия (адаптивна презентация и адаптивна навигация)</i> | 10 |
| <i>Персонализиран учебен път</i> | 10 |
| <i>Системи с изкуствен интелект</i> | 11 |
| <i>Семантичен уеб.....</i> | 11 |
| <i>Преглед на адаптивни системи за електронно обучение.....</i> | 12 |
| <i>Резултати и изводи.....</i> | 12 |
| Глава II. Разпределена платформа за електронно обучение - DisPeL..... | 13 |
| <i>Платформа DisPeL.....</i> | 13 |
| <i>Облачно-базирана архитектура на платформата DisPeL.....</i> | 17 |
| <i>Резултати и изводи.....</i> | 18 |
| Глава III. Адаптивно електронно обучение в програмите за висше и средно образование 19 | |
| <i>DisPeL в Националната спортна академия „Васил Левски“</i> | 19 |
| <i>DisPeL в ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян</i> | 21 |
| <i>DisPeL в училищата в гр. Смолян: ОУ „Проф. д-р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“</i> | 21 |
| <i>Резултати и изводи.....</i> | 22 |
| Заклучение | 22 |
| Перспективи за развитие | 23 |
| Основни приноси на дисертационния труд..... | 23 |
| Публикации по дисертационния труд | 24 |
| Апробация | 24 |
| Библиография..... | 25 |

Списък на съкращенията

ЕО – Електронно обучение

СЕО – Система за електронно обучение

АЕО – Адаптивно електронно обучение

САЕО – Система за адаптивно електронно обучение

ИСО – Интелигентни системи за обучение

АХС – Адаптивна хипермедийна система

ЕСМ – E-learning Content Management Module (Модул за управление на съдържанието на електронното обучение)

ЕСМ – E-learning Session Module (Модул за сесия на електронно обучение)

ЕТМ – E-learning Tracking Module (Модул за проследяване на електронно обучение)

Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на проблема

През последните 2-3 десетилетия софтуерните системи за електронно обучение се налагат като основен инструмент за постигане на разнообразни цели, свързани основно с подпомагане или дори цялостно извършване на обучителен процес. Използването им вече е наложена добра практика в почти всички сфери на обучението и бизнеса. Те не се ограничават единствено до подпомагане на учебни заведения и корпоративни структури, но и на малки и средни предприятия и физически лица. Адаптивните инструменти, вградени в софтуерните системи за електронно обучение, са основните методи за постигане на ефективен резултат от предлаганото обучение, а именно: гарантиране в максимална степен усвояването на необходимите знания от обучаемите лица, постигане на това за по-кратки срокове, предлагане на среда за обучители във връзка със създаването на курсове, менажиране на цялостния процес и др.

Цел и задачи на дисертационния труд

Основната цел на дисертационния труд е да се разработи модел и архитектура на софтуерна система за електронно обучение с реализирани различни адаптивни инструменти на базата на съвременни информационни технологии (А), които да се разработят и внедрят при крайни потребители (Б).

Основните задачи са:

1. Да се изгради модел на адаптивна софтуерна система за електронно обучение.
Подзадачи:
 - а. Да се направи изследване на съществуващи адаптивни системи за електронно обучение с акцент върху използваните адаптивни инструменти.
 - б. Да се направи обзор на методите и техниките за реализация на адаптивност в системите за електронно обучение.
 - в. Да се проектира модел с ключови облачни функционалности и фокус върху съвременните изисквания към адаптивните инструменти на системата.
2. Да се проектира облачна архитектура на системата, базирана на стандартни и съвременни технологии.
3. Да се разработи и внедри крайно приложение на адаптивни инструменти, включени в система за електронно обучение.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд се състои от увод, три глави, заключение, три приложения, библиография, списък на авторските публикации по темата и апробация на резултатите, и е в обем от 170 страници, основната част от който е в рамките на 130 страници, и приложения – 40 страници. Към работата са добавени приноси на дисертационния труд, декларация за оригиналност и перспективи за бъдещо развитие.

Списъкът с реферираните източници се състои от 240 заглавия, от които 19 на кирилица и 203 на латиница, 18 интернет адреса.

В **Първа глава** е направено проучване и са анализирани теоретични подходи за адаптивно обучение, както и видове адаптивност в системите за електронно обучение. Извършен е сравнителен анализ на известни адаптивни системи за електронно обучение (АСЕО) според теоретичните подходи за адаптивно обучение, които прилагат. Направен е обзор на методите и техниките за реализация на адаптивност в софтуерните инструменти и системи за електронно обучение с акцент върху адаптивните хипермедийни системи и на интелигентните системи за обучение. Изследвани са методи от изкуствения интелект, прилагани в адаптивните системи за обучение.

Във **Втора глава** е представена разпределената платформа за електронно обучение DisPeL. Разработен е модел на разпределена адаптивна система за електронно обучение с широк набор от адаптивни инструменти, който акцентира върху следните четири ключови функционалности: администриране на учебния процес; уеб аудитория; адаптивно учебно съдържание; тестово изпитване и оценяване. Разработена е архитектура на разпределена платформа за електронно обучение за работа в облачна среда, позволяваща постепенна миграция към по-нови технологии.

В **Трета глава** е представена реализация на адаптивна система за електронно обучение в програми за висше и средно образование. Апробирано е и крайно приложение на адаптивни инструменти, като системата е внедрена и се прилага за дистанционна форма на обучение в Национална спортна академия „Васил Левски“, в ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян, както и експериментално в 2 средни училища в България в гр. Смолян: ОУ „Проф. д р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“.

В **ЗаклЮчението** се съдържа резюме на получените резултати, претенциите на автора за научно-приложни приноси, апробация със списъците на изнесените научни доклади, участия в проекти и публикациите по дисертационния труд, декларация за оригиналност. Описани са възможностите за бъдещо развитие на изградените концептуални модели и тяхната софтуерна реализация.

Списъкът на авторските публикации по дисертационния труд се състои от 5 заглавия. От посочените публикации 2 са в международни научни списания, едно от които с (SJR 2018: 0.127), 2 в международни конференции и 1 в национална научна конференция.

Кратко съдържание на дисертационния труд

Глава I. Адаптивност в системите за електронно обучение

Адаптивната софтуерна система за обучение цели адаптиране на някои от ключовите си функционалности (напр. предоставяне на учебно съдържание, поддръжка на навигация в учебен курс и др.) към нуждите и предпочитанията на обучаемите. В този смисъл адаптивността може да се разглежда като способност на

системата да адаптира поведението си и да предоставя функционалността си на потребителите в съответствие с техните предпочитания, образователни цели, стил на учене, ниво на знания, поведение в системата и т.н.

Адаптивното обучение е образователен подход, при който се предоставят адаптивни услуги за електронно обучение (ЕО) и учебни материали, специално пригодени за адаптивно учене. Целта е да се съчетае способността за разбиране и откриване на специфичните потребности на даден обучаем с подходящата педагогическа стратегия за подобряване на учебния процес. Според първоначалната идея за адаптивно електронно обучение (АЕО), съдържанието на адаптивния курс трябва да бъде подходящо за обучаеми с различни профили [Brusilovsky, 1996]; могат да съдържат информация за целите, предпочитанията, нивото на знания, показаните резултати, стила на учене, психологическия профил на обучаемия и др. Често учебното съдържание е разработено за групи студенти, които имат сходни стойности на един или няколко параметъра на профила на обучаемия. За колкото повече различни групи обучаеми е адаптиран един учебен курс, толкова по-висока е степента на персонализация на учебния процес [Bonchev, 2012].

Теоретични подходи за адаптивно обучение

Анализ на предимствата и недостатъците на адаптивните системи за обучение, както и оценка на подходите за постигане на адаптивност, е немислимо без да се отчетат и изследват и теоретичните подходи, които исторически са се наложили като базови при разработването на тези системи. Дадена е класификация и описание на подходите за адаптивно обучение на базата на стоящата в основата им педагогическа стратегия:

Макро-адаптивен подход (macro-adaptive approach) – позволява различни алтернативи при избора на малък брой базови компоненти, които се определят в началото на обучението и в общия случай рядко се променят по време на обучението, като: целите на ученето, степента на детайлност, системите за доставяне на съдържание и т.н., въз основа на профила и характеристиките на обучаемите.

Подход, базиран на способности (aptitude-treatment interaction) – предлага различни видове инструкции и/или различни видове медия за различните обучаеми [Belgadi, 2010]. Целта на подхода е да се намерят връзки между ученето и способностите на обучаемия [Mödrischer, 2004]. Един аспект на подхода е контролът на потребителя върху процеса на учене в зависимост от способностите на учащите; [Snow, 1980] определя три нива на контрол: пълна независимост, частичен контрол в даден сценарий на задача и фиксирани задачи с контрол на темпото.

Микро-адаптивен подход (micro-adaptive approach) – диагностицира специфичните нужди на обучаемия по време на обучението и осигурява подходящи инструкции и тактики за удовлетворяването им [Park, 2003; Mödrischer, 2004]. Мониторингът на поведението и представянето на потребителя могат да бъдат използвани за оптимизиране на последователността и стратегията за обучение по един много по-прецизен начин [Frederico, 1983]. Повечето микро-адаптивни модели са разработени основно да адаптират две променливи на обучението: количеството съдържание, което трябва

да бъде представено, и последователността на представяне на съдържанието въз основа на количествено измерване на характеристики на обучаемите.

Конструктивистко-съвместен подход (constructivist-collaborative approach) – подкрепя съвместното и конструктивисткото учене чрез включване на подходящи механизми за представяне на знания, мотивиране и разсъждение, сътрудничество чрез адаптивно групиране; учителят се намесва, ако учащият, пред когото е възникнал проблем, не може да го разреши нито с помощта на съучениците/съекипниците си, нито с помощта на източниците, базата данни, знанията, с които разполага. Според [Wasson, 1990] планирането на учебния процес може да бъде разделено на два потока: планиране на съдържанието и планиране на доставката.

Видове адаптивни системи за електронно обучение

В този параграф се представя класификация на адаптивните системи за електронно обучение в съответствие с описаните по-горе теоретични подходи за адаптивно обучение [Mödrischer, 2004; Mavroudi, 2016]:

Макро-адаптивните учебни системи – изисква се отчитането на базови (и в общия случай постоянни за даден учебен курс) характеристики на обучаемите като: когнитивни или учебни стилове, учебни цели на обучаемите, общи способности, предишни постижения [Belgadi, 2010; Mödrischer, 2004].

Компютърно-подпомогнатите учебни системи – имат средства за наблюдение и контрол на учебния процес. Според [Park, 2003], тези системи имат средства за диагностика на учебните нужди на обучаемите и правят предписания относно учебния план и учебните дейности, подходящи за постигането на тези цели; по-ефективни са в сравнение с чисто макро-адаптивните системи.

Интелигентните системи за обучение (ИСО) – добавят и техники от изкуствения интелект; макар и в различна степен, автоматично персонализират учебния процес. Тяхна основна цел е да симулират различни аспекти от преподавателската дейност; инструктор или учител е самата система – тя направлява и подпомага обучаемите в учебния процес.

Традиционните интелигентни системи за обучение се състоят от три основни компонента [Mödrischer, 2004; Lee, 2008]:

- *Студентски модул* – събира и извлича данни за текущите знания и поведение на всеки обучаем;
- *Преподавателски модул* – съставя се набор от учебни материали и се определя кога и как да бъдат представени на обучаемите; използва информацията от студентския модул, за да определи как трябва да продължи учебния процес;
- *Експертен модул* – оценява напредъка и възможностите на всеки обучаем и изготвя списък от инструкции.

Адаптивните хипермедийни системи (АХС) за обучение – опитват се да съчетаят адаптивните системи за обучение и хипермедийно-зависимите системи. Според [Brusilovsky, 2003], ИСО обикновено са фокусирани върху последователността на учебното съдържание, интелигентен анализ на решения и подкрепа на решаването на проблеми чрез техниките на изкуствения интелект, докато АХС са

фокусирани изключително върху поддръжката на адаптивна презентация и адаптивна навигация. Същевременно, сечението между двата вида системи е много широко, границите между „интелигентни“ и „не-интелигентни“ системи за адаптивно обучение не са ясно очертани и редица системи реализират адаптивност и чрез двата подхода (Фиг. 1.1).



Фиг. 1.1. Адаптивна хипермедия и интелигентни системи

Видове адаптивност в системите за електронно обучение

В резултат на реализирането на адаптивност в системите за електронно обучение (СЕО) се появяват разнообразни подходи и реализации, както и два ключови термина:

- *Адаптивност* (adaptivity) – поведение, при което се извършва автоматично адаптиране на базата на резултатите и действията на потребителя. Стартират се промени в системата, ръководеща учебния процес, чрез създаване на набор от предварително дефинирани правила [Oppermann, 1997; Milicevic, 2017a];
- *Адаптируемост* (adaptability) – поведение, при което потребителят прави промени ръчно и взема решения относно учебния процес, т.е. възможно е обучаемите да персонализират сами обучението според собствените си предпочитания [Oppermann, 1997; Milicevic, 2017a].

В една балансирана формула за адаптивност участват три основни компонента: потребител (обучаем, ученик), учител (инструктор, преподавател) и набор от предефинирани правила, зададени от инструктора. Адаптивността обикновено е фокусирана върху обучаемия. Най-често в литературата се посочват три основни типа адаптивност на системите за електронно обучение:

- Адаптиране на потребителския интерфейс (interface-based);
- Адаптиране на процеса на обучение (learning flow-based);
- Адаптиране на учебното съдържание (content-based).

Методи и техники за реализация на адаптивно обучение в системите за електронно обучение

Съществува огромно разнообразие от методи и техники за реализация и интегриране на адаптивност в софтуерните инструменти и системи за електронно обучение. Част от тях бяха засегнати в предходните параграфи, а в следващите параграфи се прави обзор на най-основните методи и техники.

Адаптивна хипермедия (адаптивна презентация и адаптивна навигация)

В [Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2001] е описана много детайлно адаптивността в адаптивната хипермедия от техническа гледна точка, като се разглеждат въпросите:

- към какво може системата да се адаптира: характеристики на потребителя (знания, цели, квалификация, предишен опит в хипермедията, предпочитания) и характеристики на средата на потребителя (платформа, географско положение);
- какво може да бъде адаптирано: съдържание на учебните страници и хипервръзките между тях, които се наричат съответно *адаптивна презентация* и *адаптивна навигация*;
- кои са методите и техниките за постигане на адаптивна презентация и адаптивна навигация.

Методите за постигане на адаптивна презентация най-общо целят скриване от потребителя на части от съдържанието, което към момента не отговаря на нивото на знанията му [Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2001]. Според [Milicevic, 2017a] в съвременните уеб базирани учебни среди авторите избягват създаването на статичен учебен материал, който се представя на учащия по линеен начин, поради голямото количество взаимозависимости и условни връзки между различните страници.

Методите за адаптивна навигация се отнасят до всички възможности за модифициране на визуалните връзки, осигуряващи навигация – например преподреждане, скриване, добавяне на анотации и т.н. [Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 2004a; Hauger, 2007; Milicevic, 2017a]. Редът за посещаване на образователни материали може да бъде повлиян от манипулирането на хипертекстовите връзки [Milicevic, 2017a].

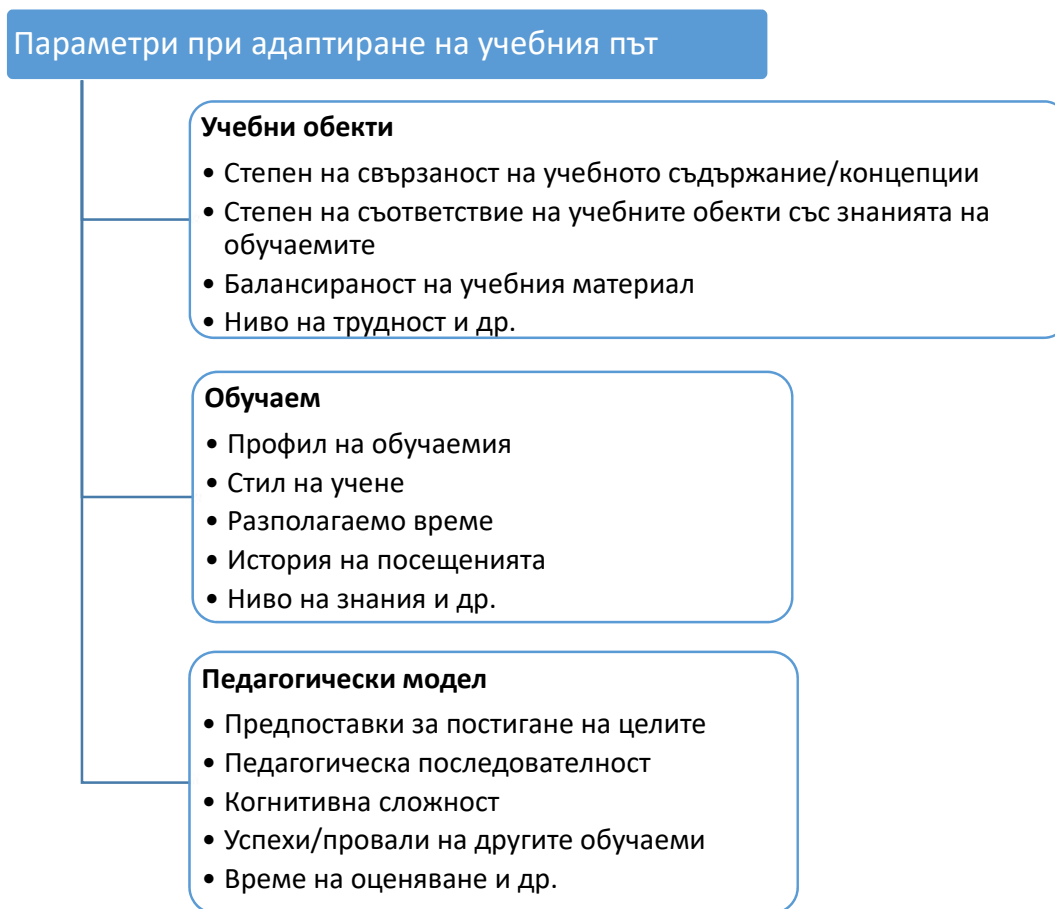
Персонализиран учебен път

Според [Muhammad, 2016], независимо от начините за реализация, формирането на персонализиран учебен път в голяма част от случаите е оптимизационна задача, като се цели минимизиране на учебния път и намаляване на когнитивното натоварване за учащите. Едни от най-използваните подходи за формулиране на **задачата за намирането на оптимален адаптивен учебен път** включват:

- Задачата за търговския пътник с множество агенти (traveling-salesman problem) [Hwang, 2010; Tran, 2007];
- Задачи за удовлетворяване на ограничения (constraint-satisfaction problem) [de-Marcos, 2008; Garrido, 2013; Tam, 2014; Dharshini, 2015];
- Задача за претеглен ориентиран граф (weighted directed graph) [Yang, 2010; Durand, 2013; Belacel, 2014; Alshalabi, 2015].

При решаване на тези задачи се използват различни подходи: еволюционни алгоритми; евристични алгоритми, моделиране на предметната област. Процесът на адаптиране на учебния път зависи от множество параметри на контекста [Tam, 2014; Ballera, 2014]. В широк кръг литературни източници нивото на адаптация се разделя на три домейна: учебен обект, обучаем и педагогически модел. Съответно и параметрите на адаптация при изграждане на учебния път се разделят на три

множества – параметри на учебните обекти, параметри на обучаемия и параметри на заложената педагогическа стратегия [Muhammad, 2016], показано на Фиг. 1.2.



Фиг. 1.2. Параметри при адаптиране на учебния път

Системи с изкуствен интелект

Подходите на изкуствения интелект имат способността да развиват и възпроизвеждат процеса на вземане на решения, прилаган от хората [Frias-Martinez, 2004]; използват се и за улесняване на процеса на оценяване и диагностика, така че съдържанието на курса да може да се адаптира, за да отговори на нуждите на всеки обучаем, или да се даде възможност на системата да се учи от поведението на обучаеми с цел впоследствие да се коригира предписаната педагогика [Almohammadi, 2017a]. Методи, прилагани в адаптивните системи за обучение, са: размита логика, дървета на решенията, невронни мрежи, мрежи на Бейс, генетични алгоритми и др.

Семантичен уеб

Идеята за добавяне на семантичност в средите за електронно обучение е представена за първи път от Бърнърс-Лий [Berners Lee, 2000; Berners Lee, 2001; Stojanovic, 2001]. Един от аспектите за приложение на технологиите на семантичния уеб в адаптивното електронно обучение е свързан с процеса на търсене и извличане на информация от обучаемия. В [Turnina, 2011] е разработена онтология, която да представя знанието за даден домейн (предметна област), който впоследствие да послужи като основа за семантично извличане и структуриране на информацията.

Адаптивно филтриране и извличане на учебни материали чрез адаптивно търсене по потребителски заявки в индексирана база данни и онтологии е дадено и в [Appalla, 2017].

Преглед на адаптивни системи за електронно обучение

Направен е преглед на известни адаптивни системи за електронно обучение според теоретичните подходи за адаптивно обучение, които прилагат (PLATO, e-TPACK, ELEKTRA, ALICE, COSMO), и според подходите за изграждане на модел на обучаем, модел на предметна област и модел на адаптивност (MASPLANG, INSPIRE, iWeaver, TANGOW, АНА!, WELSA, Protus 2, eTeache, LearnFit).

Резултати и изводи

Интелигентните системи за обучение диагностицират учебния процес и генерират учебните инструкции и съдържание по време на изпълнение на програмата, предимно на базата на резултатите на обучаемите при решаване на задачи. Построяването на персонализиран учебен път е една от сферите, в които става ясно преплитане между хипермедийните и интелигентните системи за адаптивно електронно обучение. Прилагат се средства от изкуствения интелект, вероятностни, евристични, оптимизационни подходи и алгоритми.

От направения обзор и анализ на системите за адаптивно електронно обучение (САЕО) могат да се направят следните изводи:

- Изброените системи за адаптивно електронно обучение притежават ограничен брой адаптивни инструменти и всяка САЕО решава определен брой конкретни задачи;
- Подходите на изкуствения интелект се считат за ценни инструменти в адаптивните системи за електронно обучение, тъй като те имат способността да развиват и възпроизвеждат процеса на вземане на решения, прилаган от хората;
- Процесът на адаптиране на учебния път зависи от множество параметри на контекста, което прави задачата от изключително висока сложност;
- Общ недостатък на тези системи при използването им във висшето образование е отсъствието на пълна администрация на процеса на обучение;
- Нито една от цитираните по-горе системи не предлага работа в облачна среда, едновременно с осигуряване на възможност за добавяне на нови инструменти, мащабируемост и постепенна миграция към по-нови технологии.

В Глава I са постигнати следните резултати:

1. Направено е проучване и са анализирани теоретични подходи за адаптивно обучение и видове адаптивност в системите за електронно обучение (СЕО).
2. Направен е сравнителен анализ на известни АСЕО според теоретичните подходи за адаптивно обучение, които прилагат, и според подходите за изграждане на модел на обучаем, модел на предметна област и модел на адаптивност.

3. Направен е обзор на методите и техниките за реализация на адаптивност в софтуерните инструменти и системи за електронно обучение с акцент върху адаптивните хипермедийни системи и на интелигентните системи за обучение.
4. Изследвани са някои методи от изкуствения интелект, прилагани в адаптивните системи за обучение.
5. В резултат на направеното изследване са дефинирани целта на настоящия дисертационен труд, както и задачите, които трябва да се реализират за нейното постигане.

Глава II. Разпределена платформа за електронно обучение - DisPeL

Платформа DisPeL

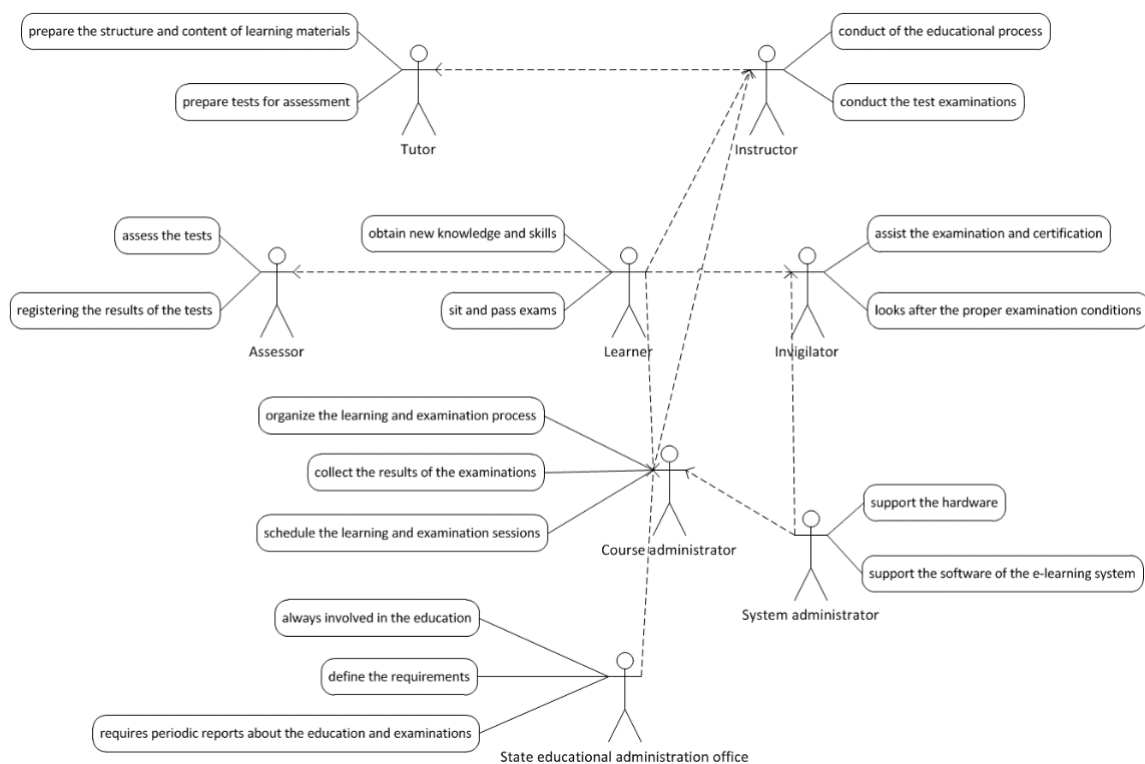
В настоящата глава даваме описание на разпределена платформа за електронно обучение (DisPeL), която се отличава с много богат набор от адаптивни инструменти и чиято архитектура позволява разширяването ѝ с нови – мащабируемост и постепенна миграция към по-нови технологии [Rahnev, 2014b]; предствена е архитектура за работа на системата в облачна среда [Kyurkchiev, 2018].

Съвременни схващания – в днешно време повечето усилия в сферата на електронното обучение са насочени към осигуряване на нови инструменти за усвояване на учебното съдържание; включват се също така инструменти за улесняване на учащите се в ежедневната им учебна дейност и комуникация с другите участници в учебния процес. Нашето разбиране е, че администрацията на учебния процес не представлява някаква допълнителна или спомагателна част от обучението, напротив, считаме, че тя е основна част от цялостния учебен процес, и че без ефективна администрация не е възможно да бъде постигнато ефикасно обучение.

Общи характеристики – администрацията на учебния процес и адаптивността на учебното съдържание са подчертани като ключови елементи на платформата, които я отличават от другите системи за електронно обучение. Различни изследвания сочат, че прилагането на адаптация може да осигури една по-добра учебна среда в системите за електронно обучение [Orpermann, 1997].

Модел – Компоненти – Услуги – търсенето на услуги за електронно обучение не се ограничава само до висшите учебни заведения; публични организации и търговски дружества демонстрират все по-нарастващите си нужди да предоставят и използват услуги в сферата на обучението. За целта платформата е разработена като уеб приложение за множество наематели; моделът (multi-tenancy) дава възможност тази софтуерна платформа да се използва като модел за софтуер под наем, т.е. като услуга (SaaS). Платформата DisPeL представлява развитие на разпределения клъстер за електронно тестване DeTC [Rahneva, 2003; Rahneva, 2004a; Rahneva, 2004b; Rahnev, 2005; Pavlov, 2010; Pavlov, 2012b; Rahnev, 2014a; Рахнев, 2014; Arnaudova, 2016].

Потребителски роли – дефинирани са осем роли; взаимодействието между потребителските роли и облачните задачи е представено на Фигура 2.1.



Фиг. 2.1. UML диаграма на потребителските роли и отговорности

Администрация на учебния процес – конкретните специфични изисквания на всяка организация се определят от два фактора: субективен (собственият оперативен модел на организацията; търсят се оптимизации на този модел, но неговата цялостна промяна се предприема доста рядко) и обективен (правната система, в рамките на която работи организацията). Архитектурата на платформата, изградена чрез свободно свързани компоненти, позволява поддържането на различни модели на администрация на учебния процес. Разработен е специален модул за българските университети (УНИС), в съответствие с разпоредбите на действащото законодателство в България и със специалните изисквания към университетите в системата на Министерство на образованието и науката (МОН), и обхваща целия образователен процес – от кандидатстването и записването до дипломирането на студентите. Системата е разработена с помощта на рамка за разпределено бизнес приложение [Pavlov, 2011].

Уеб аудитория – виртуално пространство, която предоставя широка гама от услуги за преподаватели и учащи в учебния процес на една дисциплина. Описани са основните характеристики: учебни материали, задачи за домашна работа, съобщения, онлайн разговори и обмен на съобщения, онлайн аудио и видео сесии, достъп до офлайн видео и аудио материали.

Разработени са допълнителни модули за преподавателите и студентите, както и за администрацията, по създаване и поддържане на уеб аудитории с достъп до различни функционалности.

Адаптивен електронен учебник

Според [Kirschner, 2004], една адаптивна система за електронно обучение е интерактивна система, която персонализира и адаптира учебното съдържание, педагогическите модели и взаимодействията между своите потребители, за да удовлетвори напълно изискванията и предпочитанията на тези потребители.

В средата на платформата DisPeL, приложената адаптация формира уникален учебен поток за всеки обучаем, чрез поставянето на фокални точки върху темите, представляващи най-голямо предизвикателство.

Адаптивност – платформата DisPeL постига адаптивност чрез:

- **Постоянно тестване** – обучаемият полага тест в края на всяка глава от учебното съдържание върху изучения материал; системата оценява отговорите и предоставя на обучаемия обобщение за установените пропуски в неговите знания, както и възможност да намери съответната част от съдържанието, за да подобри тези знания. Чрез използваните учебни материали за всеки обучаем се създава един уникален учебен поток.
- **Персонализация** – бележки и маркирания върху текста от учебното съдържание за лично ползване; видими са само за обучаемия, който ги е създал.
- **Адаптивно представяне** – системата разпознава възможностите и реалните размери на изпълняващото устройство с помощта на HTML Media Queries [W3C, 2012], а след това адаптира съдържанието, за да се постигне оптимално изпълнение при различните устройства.

Електронни книги – платформата DisPeL дефинира електронната книга като съвкупност от хипермедийно съдържание за електронно обучение, включващо определен предмет на обучение и тестови въпроси върху изученото съдържание. Съдържанието е организирано в отделни глави, като може да съдържа: форматиран текст, изображения, мултимедия (вградени или стрийминг видео и аудио материали, вграждане на географски карти [Павлов, 2016]), както и връзки към външни източници.

Модул за управление на съдържанието на електронното обучение (ЕСМ) – изпълнява функциите, свързани с авторизирането на адаптивно учебно съдържание; управлява пласта на съответната предметна област за функционалността, предлагана за преподавателите.

Модул за сесия на електронно обучение (ЕСМ) – изпълнява функциите, свързани с предоставянето на учебното съдържание, и обслужва адаптацията и персонализацията на учебното съдържание; управлява пласта на съответната предметна област за функционалността, предлагана за обучаемите лица.

Модул за проследяване на електронно обучение (ЕТМ) – за всяка електронна книга и урок извършва записи, свързани с времето за присъствие на урок и общото време за работа с електронната книга, показания прогрес от страна на обучаемия, представянето му при полагане на тестовете в края на уроците.

Електронно тестване и оценяване – тестовото изпитване е един от най-популярните и добре развити инструменти за оценяване в системата на висшето образование [Brusilovsky, 1999]. Определен брой системи обработват всички видове (в зависимост

от очаквания отговор) въпроси [Ueno, 2001], а някои – само част от тях [Gushev, 2002], като повечето системи не предоставят решение на проблема за динамичното създаване на въпроси (води до разработването на голям набор от тестови версии).

Разпределеният клъстер за електронно тестване – DeTC [Rahneva, 2003; Rahneva, 2004a; Rahneva, 2004b; Rahnev, 2005; Pavlov, 2010; Pavlov, 2006; Pavlov, 2012b; Rahneva, 2005; Rahneva, 2008; Rahnev, 2008; Golev, 2009] позволява генерирането на динамични отворени въпроси за реална самооценка при електронното тестване и изпитване. На обучаемите се дават уникални тестови въпроси чрез генериране, на случаен принцип, на стойности за променливите в конкретния въпрос – не увеличава броя на предварително създадените въпроси, а от друга страна намалява размера на базата данни с тестове [Malinova, 2017].

Платформата DisPeL доразви разпределения клъстер DeTC, разработен като част от Разпределения клъстер за електронно обучение (DeLC) [Stoyanov, 2005; Stoyanov, 2006a; Stoyanov, 2006b], за работа във виртуално учебно пространство.

Приложение – платформата DisPeL е успешно внедрена в експлоатация и се прилага в няколко университета в България: Факултет по математика и информатика при ПУ „Паисий Хилендарски“; Филиала на ПУ в Смолян; Академия за музикално, танцово и изобразително изкуство, Пловдив; Национална спортна академия, София, и други.

Бъдещо развитие – насочено към обучението посредством мобилно взаимодействие и услуги чрез разработване на собствени мобилни приложения за най-популярните платформи: iOS (iPhone и iPad), Android, Windows 10; предоставянето на образователни услуги чрез логически игри, като ще надграждаме върху съществуващата платформа за мобилни логически игри [Pavlov, 2012a].

Технологии - платформата е разработена с помощта на Microsoft .NET Framework, версия 4. Използваните технологии включват ADO.NET, Entity Framework, Windows Communication Foundation (WCF) и ASP.NET. По принцип, всеки компонент включва система за съхранение на данни, пласт на съответната предметна област, както и слой на представянето. Съхранението на данни се осигурява чрез системата на реляционни бази данни на Microsoft SQL Server. Пластът на съответната предметна област се изпълнява и експонира чрез уеб-услугите SOAP и RESTful. Стандартните протоколи позволяват на системите на трети страни да използват услугите на платформата.

Заклучение. Разпределената платформа за електронно обучение DisPeL представлява еволюционно развитие на разпределения клъстер за електронно тестване – DeTC в следните специфични аспекта:

- добавя фактора автоматизация към администрацията на учебния процес и осигурява пълна интеграция между администрацията и обучението на ниво процеси и услуги;
- използва един модел за адаптивно съдържание на електронното обучение с цел да се подобри качеството на електронния учебен процес;
- проектирана е в съответствие с модела „софтуер под наем“, предлаган като услуга в облачна среда.

Платформата DisPeL е успешно внедрена в експлоатация и се прилага в няколко университета в България. Тя е предназначена също така за предоставяне на електронно обучение на търговски дружества, които желаят да повишат квалификацията на своя персонал.

Облачно-базирана архитектура на платформата DisPeL

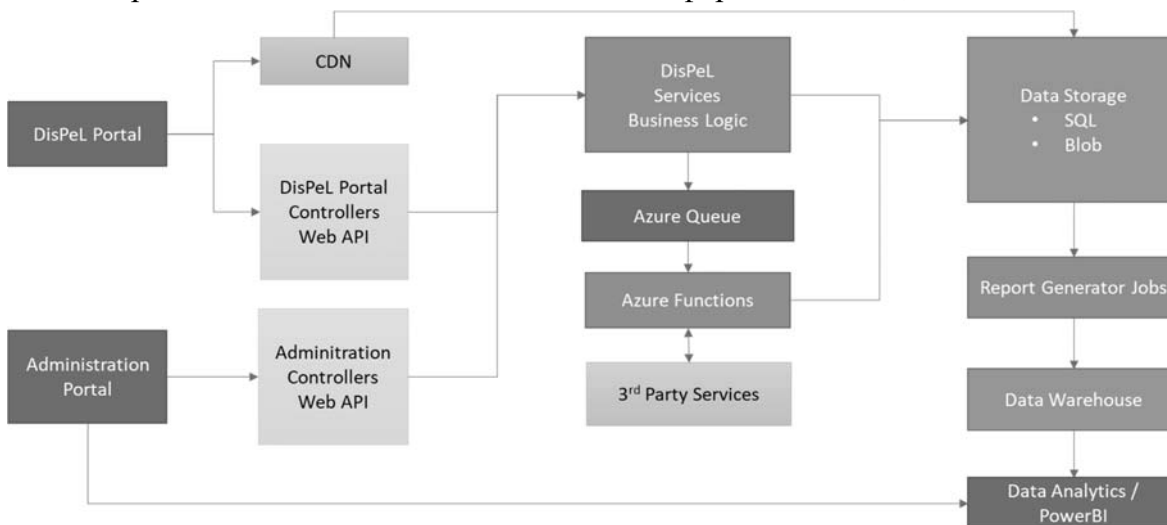
Общо описание – представя се архитектура на разпределената платформа DisPeL за работа в облачна среда чрез използване на платформата за облачни услуги Microsoft Azure, като целта е: добавяне на нови функции, базирани на когнитивни услуги, и облачни услуги за търсене; услуги за генериране на отчети; подобрена мащабируемост и производителност; модернизирание на набора от използвани технологии.

Нови услуги – платформата DisPeL разширяваме, като се добавят:

- Многоезично учебно съдържание (автоматично превеждане на авторското учебно съдържание на адаптивните учебници чрез използване на когнитивните услуги на платформата Microsoft Azure); дава достъп на чуждестранните студенти до учебното съдържание на по-предпочитан от тях език;
- Облачни услуги за търсене чрез Bing Search, част от когнитивните услуги на платформата Microsoft Azure;
- Разширени възможности за генериране на отчети (средства да се следи напредъка на обучаемите) и анализ на данните чрез услугата PowerBI на Microsoft.

Диаграма на облачно-базирана архитектура – на Фигура 2.2. е представена диаграма на облачно-базирана архитектура на платформата DisPeL; отделните компоненти са:

- *Портал за обучение DisPeL (DisPeL Learning Portal)* – уеб базирано приложение, използвано в процеса на електронното обучение от обучаеми лица и преподаватели за взаимодействие с платформата DisPeL;



Фиг. 2.2. Диаграма на облачно-базирана архитектура на платформата DisPeL

- *Услуга „Мрежа за доставка на данни“ (CDN Service)* – използва се за съхраняване на общи ресурси (елементи и библиотеки на потребителския интерфейс), като включихме и учебно съдържание;
- *Портал за администриране (Administration Portal)* – уеб-базирано едностранно приложение за използване от администраторите на учебния процес;
- *Learning Portal Web API и Administration Portal Web API* – осигуряват кеширане и преобразуване на данни, потребителски вход в системата и управление на потребителските сесии;
- *Слой с услуги (Services Layer)* – осигурява изпълнението на актуалната логика на предметната област на платформата DisPeL; постига интеграция с услугите на трети страни чрез използването на безсървърни функции и опашки от съобщения (за превод с цел осигуряване на учебно съдържание на други езици);
- *Съхранение на данни* – използваме релационна база за съхранение на данни и услуги за големи двоични обекти (BLOB) – за обучаеми лица, преподаватели, администратори, курсове, структура и програма на курсовете, общи данни за задачите за домашна работа и резултатите от тях, изпити. Архитектурата поддържа хостинг на релационната база данни както в облачна среда, така и на съществуващите локални системи.

Технологии – пре-проектирахме приложния програмен интерфейс (API) на слоя Business Layer, за да действаме чрез използване на уеб-услугите RESTful и обмен на данни чрез използване на JSON формат. Наборът от технологии за новата версия на платформата DisPeL включва следното: Microsoft NET Core 2.1, Microsoft NET Standard 2.0, ASP.NET WebAPI, Angular 6, HTML5 / CSS, Microsoft SQL Server, Azure SQL Database.

Заклучение. Новата облачна архитектура на платформата DisPeL качествено подобрява разработката в следните три аспекта:

- Постигната е по-добра производителност и мащабируемост;
- Платформата DisPeL е разширена с такива когнитивни услуги като автоматични преводи, поддръжка на многоезично учебно съдържание и облачни услуги за търсене;
- Осигурено е генериране на детайлни интерактивни справки чрез интегриране на облачната услуга PowerBI и прилагане на утвърдени добри практики в проектирането на бази данни.

Резултати и изводи

Разпределената платформа за електронно обучение DisPeL представлява значително развитие на разпределения клъстер за електронно тестване – DeTC в следните специфични аспекта:

- Платформата DisPeL добавя фактора автоматизация към администрирането на учебния процес и осигурява пълна интеграция между администриране и обучение на ниво процеси и услуги.

- DisPeL използва модел, интегриращ различни подходи за адаптивно електронно обучение, с цел да се подобри качеството на учебния процес.
- DisPeL е проектирана в съответствие с модела „софтуер под наем“, предлаган като услуга в облачна среда.

В Глава II са постигнати следните резултати:

1. Разработен е модел на разпределена адаптивна система за електронно обучение с широк набор от адаптивни инструменти, който акцентира върху следните четири ключови облачни функционалности:
 - Администрация на учебния процес.
 - Уеб аудитория.
 - Адаптивно учебно съдържание.
 - Тестово изпитване и оценяване
2. Представена е нова концептуална архитектура на разпределена платформа за електронно обучение за работа в облачна среда.
3. Постигнатите резултати с новата архитектура са:
 - Добавяне на нови услуги към платформата DisPeL, базирани на когнитивни услуги и облачни услуги за търсене.
 - Разширяване на платформата DisPeL с въвеждане на аналитични средства, вградени в бази данни, и услуги за генериране на отчети.
 - Подобряване на производителността и мащабируемостта.
 - Модернизиране на набора от използвани технологии.

Глава III. Адаптивно електронно обучение в програмите за висше и средно образование

В началото на новото хилядолетие, в резултат на промени в икономическия, социален и културен живот на страната, Университетите бяха поставени пред задачата: да се гарантира конкурентоспособността на бъдещите специалисти в пазарната икономика, и във връзка с формирането и развитието на информационното общество, съществува и допълнителна цел – да се предоставя информационна и комуникационна компетентност на завършилите.

DisPeL в Националната спортна академия „Васил Левски“

В съответствие с поставените цели и във връзка с изпълнение на Проект „Въвеждане на нови образователни системи за качество на дистанционното обучение в спорта и свързаните със спорта програми“, по ОП РЧР, процедура № BG051PO001-4.3.04-0001, в НСА „В. Левски“, след направен анализ на основните функционални и технически изисквания спрямо учебния процес и администрирането на студентите, и на база на получените резултати, е разработена и внедена електронна интернет базирана система за дистанционно обучение и нейното администриране.

Важен аспект на внедрената система е адаптивността на учебното съдържание, което заедно с администрацията на учебния процес са ключови елементи на

платформата и я отличават от другите системи за дистанционно обучение. Основните усилия бяха насочени към разширяване на образователната среда в университета, създаване на електронни библиотеки, бази данни за перспективно дистанционно обучение, както и подобряване на методите за преподаване на спортни и образователни дисциплини. Самата система е базирана на облачния модел „софтуер по наем“ (SaaS). Системата бе изградена с ясно разграничаване на потребителските роли. При разработването на платформата бяха реализирани следните основни облачни задачи:

- администрация на учебния процес, съобразен с действащата нормативна база и специалните изисквания към университетите в системата на Министерство на образованието и науката (МОН); модулът (УНИС) автоматизира деловодството в НСА и поддържа съответните бази данни;
- уеб аудитория, предлагаща услуги за преподаватели (добавяне на учебни материали, възлагане на курсови работи на студенти по групи или индивидуално, изпращане на съобщения между участниците в дадена виртуална зала) и обучаеми лица (извличане на опростени академични справки, достъп до учебен график и др.);
- модул за създаване на адаптивен електронен учебник/книга – реализиран като съвкупност от хипермедийно съдържание за електронно обучение; при визуализация на съдържанието на учебника, маркирани като активни са само уроците, съответстващи с прогреса на студента;
- модул за сесия на електронното обучение – дава се достъп на потребител до активните курсове и електронни книги, като е възможна персонализация на учебното съдържание от страна на обучаемия, запазена индивидуално за текущия потребител; по този начин е постигната адаптация чрез персонализация;
- електронно тестване и оценяване – създаден е инструмент на системата за генериране на тестове на случаен принцип от многовариантни въпроси, за които са въведени повече от един верен отговор и повече грешни отговори от броя на визуализираните.

Архитектурата на платформата DisPeL позволи създаването на гъвкаво, специфично, персонализирано решение, адаптирано към специфичния профил на клиента: в съответствие с образователните нужди, учебни програми и курсове, изисквания за оценка и издаване на сертификати, удостоверения и др. Към момента на изследването, системата е била посетена от над 1300 студенти, обучени са 21 преподаватели, 13 административни служители за работа с електронната система, и 6 компютърни експерти за „обучители“ по прилагане на електронни методи на дистанционното обучение; преподавателите създадоха и тестваха 29 електронни курса за обучение. От проведена анкета и обработени 677 анкетни карти, интересен е фактът, че към момента на направеното изследване около 5% не са покрили изискванията на предмета, но имат положително отношение към формата на обучение [Кулева, 2014].

DisPeL в ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян

Системата DisPeL се използва в ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян. В [Арнаудова, 2018] е описано създаването на адаптивно електронно учебно съдържание, илюстрирано чрез разработване на три електронни учебника по различни дисциплини (електронен учебник „JavaScript“ – за студентите по дисциплината „Аудио визуални и информационни технологии в обучението (АВИТО)“; електронен учебник „Увод в веб програмирането“ – за студентите от специалност „Туризъм“; електронен учебник „Компютърно счетоводство“ – за студенти в бакалавърска степен от специалност „Информационни технологии, математика и образователен мениджмънт“). Всички те са създадени с инструментите на разпределената платформа DisPeL. Използвани са следните инструменти:

- Модул „Електронни учебници“ – добавен е учебник и са въведени неговите атрибути, създадена е структурата (по уроци) и учебното съдържание, както и тест за оценка на напредъка;
- Електронно тестване и оценяване – създадени са електронни тестове към всеки урок и само след верни отговори на няколко въпроса от съдържанието може да се премине към следващ урок; при грешен отговор системата препраща към съответното учебно съдържание;
- Персонализация на съдържанието.

В заключение, постигнато е създаването на адаптивно електронно учебно съдържание, включващо повтарящо се тестване и контрол на прогреса, персонализация на учебното съдържание и адаптивна презентация. Изграден е индивидуален и персонализиран път за учене за всеки обучаем, постигнат основно чрез тестовите въпроси.

DisPeL в училищата в гр. Смолян: ОУ „Проф. д-р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“

Системата DisPeL е използвана при апробация на съставени електронни учебни материали в обучението на ученици в две училища в гр. Смолян: ОУ „Проф. д-р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“ [Карабов, 2019]. Чрез системата е създаден електронен курс на тема „Обработка на таблични данни“ – предназначен за ученици от 6-ти клас по учебен предмет „Информационни технологии“.

Подобно на описаното в предишния параграф, използваните адаптивни инструменти на DisPeL са: Модул „Електронни учебници“, Електронно тестване и оценяване. При създаването на учебното съдържание са приложени възможностите на системата за едновременно възпроизвеждане на екрана на определен набор от обекти, като повествователно съдържание, графики, снимки, видео, анимация и звук с цел по-доброто възприятие от обучаемите. Чрез системата са създадени въпроси с възможни отговори, генерирани са тестове за всеки обучаем и е проведено тестово изпитване с автоматично оценяване. Използвана е 5 степенна скала за оказване на степента на сложност на всеки въпрос. Създадените въпроси са характеризирани в три категории - „само за изпит“, „за изпит и за самоподготовка“ или „само за самоподготовка“.

Допълнителна информация за използването на изградената разпределена система DisPeL е изложена в [Ангелова, 2016; Арнаудова, 2016; Malinova, 2016; Terzieva, 2017; Рахнев, 2017a; Рахнев, 2017b; Терзиева, 2017a; Терзиева, 2017b; Карабов, 2018; Терзиева, 2018a; Терзиева, 2018b; Terzieva, 2018; Рахнев, 2019; Терзиева, 2019]

Резултати и изводи

Администрирането на учебния процес и адаптивността на учебното съдържание са ключови елементи на платформата, които я отличават от другите системи за дистанционно обучение. Направен е подробен преглед на тези два компонента. Основните усилия бяха насочени към разширяване на образователната среда в университети, създаване на електронни библиотеки, бази данни за дистанционно обучение, както и подобряване на методите за преподаване на спортни и образователни дисциплини. Системата е внедрена в НСА, която вече предлага и дистанционна форма на обучение.

В Глава III са постигнати следните резултати:

1. Разработено е крайно приложение на адаптивни инструменти, включени в система за електронно обучение.
2. Платформата DisPeL е успешно внедрена в експлоатация и се прилага в няколко учебни заведения – университети и средни училища в България:
 - Национална спортна академия „Васил Левски“;
 - ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян;
 - Училищата в гр. Смолян: ОУ „Проф. д р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“.

Заклучение

В резултат от направеното проучване в дисертационния труд са постигнати следните резултати:

- Анализирани са теоретични подходи за адаптивно обучение и видове адаптивност в СЕО.
- Направен е сравнителен анализ на съществуващи СЕО с фокус върху използвани адаптивни инструменти.
- Направен е обзор на методите и техниките за реализация на адаптивност в софтуерните инструменти и системи за електронно обучение с акцент върху адаптивните хипермедийни системи и на интелигентните системи за обучение.

Разработен е модел на разпределена АСЕО с широк набор от адаптивни инструменти, който акцентира върху четири ключови функционалности:

- Администрация на учебния процес.
- Уеб аудитория.
- Адаптивно учебно съдържание.
- Тестово изпитване и оценяване.

Представена е и нова архитектура на разпределената платформа за електронно обучение за работа в облачна среда и използване на когнитивни услуги.

Апробирано е и крайно приложение на адаптивни инструменти, включени в изградена система за електронно обучение. Системата е внедрена и се прилага за дистанционна форма на обучение в Национална спортна академия „Васил Левски“, ПУ „Паисий Хилендарски“, Филиал – Смолян; както и експериментално в 2 средни училища в България в гр. Смолян: ОУ „Проф. д р Асен Златаров“ и ППМГ „Васил Левски“.

Перспективи за развитие

1. Разширяване на използваните инструменти за адаптивно електронно обучение:
 - Собствени мобилни приложения;
 - Образователни услуги чрез логически игри;
 - Разработване на адаптивни инструменти с използване на изкуствен интелект.
2. Технологично развитие, следващо пътната карта на технологията .NET Core.
3. Разширяване на възможните потребители на системата, неограничавани само до висши учебни заведения.

Основни приноси на дисертационния труд

Основните приноси в дисертационния труд са:

- I. Извършен е анализ на известни системи за електронно обучение с акцент върху методите и техниките за адаптивност и техните инструменти.
- II. Разработен е модел на разпределена софтуерна система за електронно обучение с включени адаптивни инструменти.
- III. Проектирана е облачна архитектура на разпределена софтуерна система за електронно обучение.
- IV. Разработени и внедрени са адаптивни инструменти, включени в разпределена система за електронно обучение.

Връзките между приносите, целите, задачите, мястото на описание в дисертационния труд и направените публикации, са следните:

| Принос | Цел | Задачи | Глава | Публикации |
|---------------|------------|---------------|--------------|-------------------|
| I | A | 1. а., 1.б. | I | |
| II | A | 1. в. | II | 1, 3, 4 |
| III | A | 2 | II | 5 |
| IV | B | 3 | III | 2 |

Публикации по дисертационния труд

1. Rahnev A., N. Pavlov, V. Kyurkchiev, Distributed Platform for e-Learning – DisPeL, European International Journal of Science and Technology, Vol 3, No 1, 95-109, 2014, ISSN 2304-9693, http://www.eijst.org.uk/images/frontImages/gallery/Vol._3_No._1/11.pdf.
2. Кулева М., В. Кюркчиев, Дистанционно обучение в програмите за висше спортно образование, Международна конференция „Електронно базираните форми за дистанционно обучение – Нови възможности за учене през целия живот“ на НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 13-14 юни 2014 г., стр. 72-76, ISBN 978-954-753-208-3.
3. Павлов Н., А. Рахнев, В. Кюркчиев, А. Малинова, Е. Ангелова, Визуализация на географски карти в DisPeL, Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, стр. 24-25, Ноември 2016, стр. 13 – 20, <http://fmi-plovdiv.org/GetResource?id=2512>.
4. Malinova A., V. Kyurkchiev., G. Spasov, Parameterized Examination in Econometrics, 6th International Eurasian Conference on Mathematical Sciences and Applications, IECMSA 2017, Budapest, Hungary, 15 -18 August 2017, AIP Conference Proceedings, Volume 1926, 2018, Article number 020028, <https://doi.org/10.1063/1.5020477>.
5. Kyurkchiev V., N. Pavlov, A. Rahnev, Cloud-Based Architecture Of DisPeL, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol. 120 No. 4, 2018, 573-581, ISSN: 1311-8080, (SJR 2018: 0.127), <https://ijpam.eu/contents/2018-120-4/8/8.pdf>.

Апробация

Резултати, получени в изследването, са използвани в следните международни, национални и университетски проекти:

- Проект ФП17-ФМИ-008 „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“ към НПД на ПУ, национален, 2017-2018.
- Проект ФП19-ФМИ-002 „Иновационни ИКТ за дигитално научноизследователско пространство по математика, информатика и педагогика на обучението“ към НПД на ПУ, национален, 2019-2020.

Част от резултатите, получени в дисертационния труд, са докладвани на следните международни и национални конференции и семинари:

- Международна конференция „Електронно базираните форми за дистанционно обучение – Нови възможности за учене през целия живот“ на НВУ „Васил Левски“, Проект BG051PO001-4.3.04-0016 „Нови възможности за учене през целия живот чрез модернизация на Център за дистанционно обучение към НВУ „Васил Левски“, гр. Велико Търново, 13-14 юни 2014 г.
- Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, 24 – 25 ноември, 2016.
- 6th International Eurasian Conference on Mathematical Sciences and Applications, IECMSA 2017, Budapest, Hungary, 15 -18 August 2017.

Библиография

- [**Almohammadi, 2017a**] Almohammadi, K., Hagra, H., Alghazzawi, D., Aldabbagh, G., A Survey of Artificial Intelligence Techniques Employed for Adaptive Educational Systems Within E-Learning Platforms, *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, Vol. 7, Issue 1, 2017, pp. 47-64.
- [**Alshalabi, 2015**] Alshalabi, I.A., Hamada, S., Elleithy, K., Automated adaptive learning using smart shortest path algorithm for course units, 2015 IEEE Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), Long Island, 2015, pp. 1-5.
- [**Appalla, 2017**] Appalla, P.; Kuthadi, V. M., Marwala, T., An efficient educational data mining approach to support e-learning, 2017, *Wireless Networks*, Vol.: 23 (4), pp. 1011-1024.
- [**Arnaudova, 2016**] Arnaudova V., T. Terzieva, A. Rahnev, A Methodological Approach for Implementation of Adaptive E-Learning, CBU International Conference on Innovations in Science and Education, March 23-25, 2016, Prague, Czech Republic, CBU International Conference Proceedings, Vol 4 (2016), Print ISSN 1805-997X, Online ISSN: 1805-9961, pp. 910-917.
- [**Ballera, 2014**] Ballera, M., Lukandu, I. A., Radwan, A., Personalizing E-learning curriculum using: reversed roulette wheel selection algorithm, IEEE 2014 International Conference on Education Technologies and Computers (ICETC), Lodz, Poland, 22-24 September, 2014, pp. 91-97.
- [**Belacel, 2014**] Belacel, N., Durand, G., LaPlante, F., A Binary Integer Programming Model for Global Optimization of Learning Path Discovery, Proceedings of the Workshops held at Educational Data Mining 2014, co-located with 7th International Conference on Educational Data Mining (EDM), London, United Kingdom, 2014.
- [**Belgadi, 2010**] Beldagli, B., Adiguzel, T., Illustrating an ideal adaptive e-learning: A conceptual framework, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2010, pp. 5755–5761.
- [**Berners Lee, 2000**] Berners-Lee, T., What the semantic web can represent, W3 org., Scientific report, 2000.
- [**Berners Lee, 2001**] Berners Lee, T., Handler, J., Lassila, O., The Semantic Web, *Scientific American*, Vol. 284, May 2001, pp. 34-43.
- [**Bonchev, 2012**] Bontchev, B., Vassileva, D., Courseware Adaptation to Learning Styles and Knowledge Level, E-Learning – Engineering, On-Job Training and Interactive Teaching, Dr. Sergio Kofuji (Ed.), InTech, 2012, ISBN 978-953-51-0283-0.
- [**Brusilovsky, 1996**] Brusilovsky, P., Methods and techniques of adaptive hypermedia, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 6(2-3), 1996, pp. 87-129.
- [**Brusilovsky, 1999**] Brusilovsky P., Miller P., Web-based Testing for Distance Education, *WebNet 1999*, pp. 149-155.
- [**Brusilovsky, 2001**] Brusilovsky, P., Adaptive Hypermedia, *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11(1/2), 2001, Kluwer Academic Publishers, pp. 87-110.
- [**Brusilovsky, 2003**] Brusilovsky, P., Peylo, C., Adaptive and Intelligent web-based Educational systems, *Intl. J. of Artificial Intelligence in Education*, 13, 2003, pp. 156-169.
- [**Brusilovsky, 2004a**] Brusilovsky, P., Adaptive Navigation Support, Book chapter, In book: *The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization*, Publisher: Springer Verlag, Editors: Peter Brusilovsky, Alfred Kobsa, Wolfgang Nejdl, 2004, pp.263-290.
- [**de-Marcos, 2008**] de-Marcos, L., Martínez, J.J., Gutierrez, J.A., Swarm intelligence in e-learning: a learning object sequencing agent based on competencies, Proceedings of the 10th annual conference on Genetic and evolutionary computation, Atlanta, GA, USA, 2008, pp. 17-24.
- [**Dharshini, 2015**] Dharshini, A. P., Chandrakumarmangalam, S., Arthi, G., Ant colony optimization for competency based learning objects sequencing in elearning, *Applied Mathematics and Computation*, vol. 263, 2015, pp. 332-341.

- [Durand, 2013]** Durand, G., Belacel, N., LaPlante, F., Graph theory based model for learning path recommendation, *Information Sciences*, vol. 251, 2013, pp. 10-21.
- [Frederico, 1983]** Federico, P.A., Changes in The Cognitive Components of Achievement as Students Proceed through Computer-Managed Instruction, *Journal of Computer-Based Instruction*, vol. 9, pp. 156-168, 1983.
- [Frias-Martinez, 2004]** Frias-Martinez, E., Magoulas, G., Chen, S., Macredie, R., Recent soft computing approaches to user modeling in adaptive hypermedia, *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3137, Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 104–114.
- [Garrido, 2013]** Garrido, A., Onaindia, E., Assembling Learning Objects for Personalized Learning: An AI Planning Perspective, *Intelligent Systems, IEEE*, vol. 28, pp. 64-73, 2013.
- [Golev, 2009]** Golev A., O. Rahneva, A. Rahnev, Algorithms to Minimize the Number of Unique Tests in Real Group Testing Examination, *Scientific Works, Plovdiv University*, vol. 36, book 3, 2009 – Mathematics, ISSN 0204–5249, pp 39-49.
- [Gushev, 2002]** Gusev M., G.Armenski, A New Model of On-line Learning, *Proceedings of SSGRR Advances in Infrastructure for Electronic Bussiness, Education, Science and Medicine. Roma, 2002.*
- [Hauger, 2007]** Hauger, D., Augstein, M., State of the Art of Adaptivity in E-Learning Platforms, *LWA 2007: Lernen - Wissen - Adaption, Halle, September 2007, Workshop Proceedings, 2007*, pp. 355-360.
- [Hwang, 2010]** Hwang, G.J., Kuo, F.R., Yin, P.Y., Chuang, K.H., A Heuristic Algorithm for planning personalized learning paths for context-aware ubiquitous learning, *Computers & Education*, vol. 54, 2010, pp. 404-415.
- [Kirschner, 2004]** Stoyanov S., Kirschner P., Expert Concept Mapping Method for Defining the Characteristics of Adaptive E-Learning: ALFANET Project Case, *Educational Technology Research and Development*, 2004, Vol. 52, No. 2, pp. 41–56
- [Kyurkchiev, 2018]** Kyurkchiev V., N. Pavlov., A. Rahnev, Cloud-Based Architecture Of DisPeL, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, Vol. 120 No. 4, 2018, 573-581, ISSN: 1311-8080, <https://ijpam.eu/contents/2018-120-4/8/8.pdf>
- [Lee, 2008]** Lee, J., Park, O., Adaptive instructional systems, In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer, & M. P. Driscoll (Eds.), *Handbook of research for educational communications and technology*, New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2008, pp. 469–484.
- [Malinova, 2016]** Malinova A., O. Rahneva, A. Golev, Automatic Generation of English Language Test Questions on Parts of Speech, *International Journal of Pure and Applied Mathematics - IJPAM*, Vol. 111, No. 3, 2016, pp. 525-534, ISSN 1311-8080 (printed version), ISSN 1314-3395 (on-line version).
- [Malinova, 2017]** Malinova A., V. Kyurkchiev., G. Spasov, Parameterized Examination in Econometrics, 6th International Eurasian Conference on Mathematical Sciences and Applications, IECMSA 2017, Budapest, Hungary, 15 -18 August 2017, *AIP Conference Proceedings, Volume 1926*, 2018, Article number 020028, <https://doi.org/10.1063/1.5020477>
- [Mavroudi, 2016]** Mavroudi A., Hadzilacos T., Historical Overview of Adaptive e-learning Approaches Focusing on the Underlying Pedagogy, In: Li Y. et al. (eds.) *State-of-the-Art and Future Directions of Smart Learning*, *Lecture Notes in Educational Technology*. Springer, Singapore, 2016.
- [Milicevic, 2017a]** Milicevic, A., Vesin, B., Ivanovic, M., Budimac, Z., Jain, L. C., *E-Learning Systems: Intelligent Techniques for Personalization*, Springer, 2017, ISBN 978-3-319-41163-7.
- [Mödritscher, 2004]** Mödritscher, F., Garcia-Barrios, V. M., Gütl, C., The past, the present and the future of adaptive e-learning, *Proceedings of the International Conference on Interactive Computer Aided Learning (ICL'2004)*, 2004.

- [Muhammad, 2016]** Muhammad, A., Zhou, QG, Beydoun, G. Xu, DM, Shen, J., Learning Path Adaptation in Online Learning Systems, Book Series: IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2016, pp. 421-426.
- [Oppermann, 1997]** Oppermann, R., Rashev, R., Kinshuk, A., Adaptability and adaptivity in learning systems, In A. Behrooz, editor, Knowledge Transfer, Vol. II, 1997, pp. 173–179.
- [Park, 2003]** Park, O. C., Lee, J., Adaptive instructional systems, Educational Technology Research and Development, 25, 2003, pp. 651–684.
- [Pavlov, 2006]** Pavlov N., A. Rahnev, Architecture and Design of Customer Support System using Microsoft .NET technologies, .NET Technologies 4th International Conference, May 29 – June 1 2006, Plzen, Czech Republic, ISBN 80-86943-11-9, pp. 21-26.
- [Pavlov, 2010]** Pavlov N, A. Rahnev, O. Rahneva, RIA-based system for electronic testing examination, International Conference “Challenges to Higher Education and Research in the Global Economic Crisis”, June 25-26, 2010, Bourgas, Bulgaria, ISBN 978-954-9370-72-0, vol. 3, pp. 206-213.
- [Pavlov, 2011]** Pavlov, N., Object-Oriented Framework for Development of Distributed Business Applications, Ph.D. Thesis, Plovdiv University, Plovdiv, Bulgaria, 2011.
- [Pavlov, 2012a]** Pavlov N., Golev A., Rahnev A, Framework For Mobile Logical Games, Anniversary National Scientific International Conference “Traditions, Directions, Challenges”, October 19-21, 2012, Smolyan, Bulgaria, ISBN 978-954-8767-43-9, pp. 101-106.
- [Pavlov, 2012b]** Pavlov N, A. Rahnev, O. Rahneva, Virtual classroom for electronic learning, Anniversary National Scientific International Conference “Traditions, Directions, Challenges”, October 19-21, 2012, Smolyan, Bulgaria, ISBN 978-954-8767-43-9, pp. 107-112 (in Bulgarian).
- [Rahnev, 2005]** Rahnev A., N. Pavlov, O. Rahneva, Architecture & Design of Distributed Electronic Testing Cluster (DeTC) based on Microsoft .NET Framework, IMAPS CS International Conference 2005, September 15-16, 2005, Brno, Czech Republic, ISBN 80-214-2990-9, pp. 417-422.
- [Rahnev, 2008]** Rahnev A., O. Rahneva, Testing and Assessment in Accounting with Distributed e-Testing Cluster – DeTC, Scientific Words of the European College of Economics and Management, vol 4, 2008, ISSN 1312-739X, pp. 182-189 (in Bulgarian).
- [Rahnev, 2014a]** Rahnev A., N. Pavlov, A. Golev, M. Stieger, T. Gardjeva, New Electronic Education Services Using the Distributed e-Learning Platform (DisPeL), International Electronic Journal of Pure and Applied Mathematics (IeJPAM), Vol. 7, No.2, 2014, ISSN: 1314-0744, pp. 63-72.
- [Rahnev, 2014b]** Rahnev A., N. Pavlov, V. Kyurkchiev, Distributed Platform for e-Learning – DisPeL, European International Journal of Science and Technology, Vol 3, No 1, 95-109, 2014, ISSN 2304-9693, http://www.eijst.org.uk/images/frontImages/gallery/Vol._3_No._1/11.pdf.
- [Rahneva, 2003]** Rahneva O, Testing and Assessment in Distributed e-Testing Cluster – DeTC, 12th International Conference ELECTRONICS’03, Sozopol, Bulgarian, Conference proceedings, v. 4 (2003), pp. 214 – 219.
- [Rahneva, 2004a]** Rahneva O., Generating Dynamic Questions in Distributed e-Testing Cluster–DeTC, ECEST’04, Bitola, v.1, 2004, pp. 305-308.
- [Rahneva, 2004b]** Rahneva O., A. Rahnev, N. Pavlov, Functional Workflow and Electronic Services In a Distributed Electronic Testing Cluster – DeTC , Proceedings 2nd International Workshop on eServices and eLearning, Otto-von-Guericke Universitaet Magdeburd, 2004, ISBN 3-929757-76-1, pp. 147-157.
- [Rahneva, 2005]** Rahneva O., A. Rahnev, N. Pavlov, N. Valchanov, Authoring and Automatic Generation of Circuitries and Drafts in Distributed e-Testing Cluster (DeTC), ELECTRONICS’05, Sozopol, 21-23 September 2005, v. 2, ISBN 954-438-518-5, pp. 133-138.
- [Rahneva, 2008]** Rahneva O., I. Maslinkov, A. Rahnev, Methods for Testing Examination and Assessment with DeTC, International Scientific Conference “Knowledge Economy – a Challenge to

Higher Education, Bourgas, 2008, vol 3, 2008, ISBN 978-954-9370-63-8, pp. 262-267 (in Bulgarian).

[**Snow, 1980**] Snow, E.R., Aptitudes, learner control and adaptive instruction, Educational Psychologist, vol. 15, pp. 151-158, 1980.

[**Stojanovic, 2001**] Stojanovic, L., Staab, S., Rudi, S., eLearning based on the Sematic Web, Proc. of WebNet'2001, World Conference of the WWW and Internet, 2001, pp. 1774-1783.

[**Stoyanov, 2005**] Stoyanov S., I. Ganchev, I. Popchev, M. O'Droma, From CTB to e-Learning, J. Information Technologies and Control, 2005, vol. III, no. 4, pp. 2-10.

[**Stoyanov, 2006a**] Stoyanov S., I. Popchev, Evolutionary Development of an Infrastructure Supporting the Transition from CTB to e-Learning, Cybernetics and Information Technologies (CIT), 2006, vol. 2, pp. 101-114.

[**Stoyanov, 2006b**] Stoyanov S., I. Popchev, A. Rahnev, O. Rahneva, DeLC – Technological Environment Supporting the Transition from CBT to eLearning, International science conference "Informatics in the Scientific Knowledge", Varna, 28-30 june 2006, ISBN 978-954-715-303-5, pp. 113-127.

[**Tam, 2014**] Tam, V., Lam, E., Fung, S.T., A new framework of concept clustering and learning path optimization to develop the next-generation e-learning systems, Journal of Computers in Education, vol. 1, 2014, pp. 335-352.

[**Terzieva, 2017**] Terzieva T., A. Rahnev, V. Arnaudova, Didactic features in developing a model for adaptive e-learning, 8th World Conference on Learning, Teaching and Educational Leadership (WCLTA-2017), 26-28 October 2017, Universidade Aberta, Lisbon, Portugal.

[**Terzieva, 2018**] Terzieva T., A. Rahnev, Basic stages in developing an adaptive e-learning scenario, IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 5 Issue 10, October 2018, ISSN: 2348 – 7968, pp. 50-54, http://ijiset.com/vol5/v5s10/IJSET_V5_I10_07.pdf

[**Tran, 2007**] Tran, N., Beydoun, G., Low, G., Design of a peer-to-peer information sharing MAS using MOBMAS (ontology-centric agent oriented methodology), Advances in Information Systems Development, Springer, 2007, pp. 63-76.

[**Turnina, 2011**] Turnina, A., Semantic-oriented architectures and use of ontology for organizing adaptive search in e-learning environments, Mathematica Balkanica, Vol. 25, 2011, pp. 577-592.

[**Ueno, 2001**] Ueno M., Keizo N., Web based Computerized Testing System for Distance Education, Proceedings of ICCE 2001, Korea, pp. 547-554.

[**Wasson, 1990**] Wasson, B.B., Determining the focus of instructions: Content planning for intelligent tutoring systems, Dissertation, University of Saskatchewan, 1990.

[**Yang, 2010**] Yang, F., Li, F.B., Lau, R.H., An Open Model for Learning Path Construction, Advances in Web-Based Learning – ICWL 2010, vol. 6483, X. Luo, M. Spaniol, L. Wang, Q. Li, W. Nejdl, and W. Zhang, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 318-328.

[**Ангелова, 2016**] Ангелова Е., О. Рахнева, Т. Терзиева, В. Арнаудова, Адаптивно обучение чрез електронен учебник по JAVASCRIPT в средата DisPeL, Сборник доклади от Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: Тенденции, приложения и разработване“, 24-25 ноември, 2016 г., Пампорово., ISBN 978-954-8852-72-2, стр. 143-152.

[**Арнаудова, 2016**] Арнаудова В., Е. Тодорова, Е. Ангелова, А. Рахнев, Адаптивно обучение и оценяване по компютърно счетоводство чрез електронната платформа DisPeL, Сборник доклади от Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: Тенденции, приложения и разработване“, 24-25 ноември, 2016 г., Пампорово, ISBN: 978-954-8852-72-2, стр. 131-142.

[**Арнаудова, 2018**] Арнаудова, В., Методика на адаптивно електронно обучение, дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“, ПУ „П. Хилендарски“, 2018.

[Карабов, 2018] Карабов А., Т. Терзиева, А. Рахнев, Резултати от проучване на използването и разработването на електронно учебно съдържание, Математика и математическо образование, София, 2018, ISSN: 1313-3330, стр. 239-245, http://www.math.bas.bg/smb/2018_PK/tom_2018/pdf/239-245.pdf.

[Карабов, 2019] Карабов, А., Методика за разработване на адаптивно електронно учебно съдържание, дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“, ПУ „П. Хилендарски“, 2019.

[Кулева, 2014] Кулева М., В. Кюркчиев, Дистанционно обучение в програмите за висше спортно образование, Международна конференция „Електронно базираните форми за дистанционно обучение – Нови възможности за учене през целия живот“ на НВУ „Васил Левски“, Велико Търново, 13-14 юни 2014 г. стр. 72-76, ISBN 978-954-753-208-3.

[Павлов, 2016] Павлов Н., А. Рахнев, В. Кюркчиев, А. Малинова, Е. Ангелова, Визуализация на географски карти в DisPeL, Научна конференция „Иновационни ИКТ в бизнеса и обучението: тенденции, приложения и разработване“, Пампорово, стр. 24-25 Ноември 2016, стр. 13 – 20, <http://fmi-plovdiv.org/GetResource?id=2512>.

[Рахнев, 2014] Рахнев, А., А. Малинова, Н. Павлов, Параметризирано изпитване в DisPeL, Сборник доклади на International Conference “FROM DELC TO VELSPACE”, Пловдив, 26-28 март, 2014, Third Millennium Media Publications, ISBN: 0-9545660-2-5, стр. 263-272.

[Рахнев, 2017a] Рахнев А., Т. Терзиева, Е. Ангелова, В. Арнаудова. Адаптивни системи за електронно обучение, Национална научна конференция „Образование и наука – за личностно и обществено развитие“, 27-28 октомври 2017, град Смолян, ISBN: 978-954-8767-66-8, стр. 231-238.

[Рахнев, 2017b] Рахнев А., Е. Ангелова, И. Старибратов, Т. Терзиева, А. Карабов, Тестология чрез Dispel, Научна конференция „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“, 23-24 ноември 2017 г., Пампорово, ISBN: 978-619-202-343-0, стр. 129-138.

[Рахнев, 2019] Рахнев, А. Б. Златанов, Е. Ангелова, Ив. Старибратов, В. Арнаудова, Сл. Чолаков, Електронен учебник по обзорни лекции за държавен изпит в средата DiSpeL, сп. „Математика и информатика“, научно-методически статии, Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“ Vol. 62, 2/2019, стр. 156-167.

[Терзиева, 2017a] Терзиева Т., О. Рахнева, В. Арнаудова, А. Карабов, Приложение на DisPeL за адаптивност и индивидуализация в обучението, Научна конференция „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“, 23-24 ноември 2017 г., Пампорово, ISBN: 978-619-202-343-0, стр. 175-182.

[Терзиева, 2017b] Терзиева Т., А. Рахнев, Е. Ангелова, В. Арнаудова, А. Карабов, Методически аспекти на адаптивното електронно обучение, Научна конференция „Иновационни софтуерни инструменти и технологии с приложения в научни изследвания по математика, информатика и педагогика на обучението“, 23-24 ноември 2017 г., Пампорово, ISBN: 978-619-202-343-0, стр. 167-174.

[Терзиева, 2018a] Терзиева Т., А. Рахнев, А. Карабов, Методически проблеми при разработване на адаптивно електронно учебно съдържание, Годишно, Научно-методическо списание „Образование и технологии“, VOL. 9/2018, ISSUE 1, ISSN: 1314 1791, стр. 119-124, www.edutechjournal.org/wp-content/uploads/2018/08/1_2018_119-124.pdf

[Терзиева, 2018b] Терзиева Т., А. Рахнев, А. Карабов, Проектиране и разработване на адаптивно електронно учебно съдържание, Сборник научни доклади от научно-практическа конференция „Математика, информатика, информационни технологии, приложение в образованието“: „Информационни технологии в образованието – предизвикателства и

възможности“, 10-12 октомври 2018 г., Пампорово, България, ISBN: 978-619-202-437-6, стр.290-301.

[Терзиева, 2019] Терзиева Т., В. Арнаудова, Е. Ангелова, Методически подходи за прилагане на адаптация в учебния процес чрез DisPeL, XII Нац. конференция „Образованието и изследванията в информационното общество“, 2019, ISSN: 2534-8663.

[W3C, 2012] <http://www.w3.org/TR/css3-mediaqueries/>