



Софийски университет „Св. Климент Охридски”

Факултет по математика и информатика

н.с. Десислава Дакова Василева

АДАПТИВНИ СОФТУЕРНИ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен

“ДОКТОР”

по научна специалност: 01.01.12 „Информатика”

Научен ръководител:
доц. д-р Боян Бончев

София
2011 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

Увод.....	1
Структура на дисертацията.....	1
Резюме на съдържанието.....	2
Глава 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ НА АДАПТИВНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ.....	2
1.1. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ ОТ ОБЛАСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ.....	2
1.1.1. Учебни обекти.....	2
1.1.2. Метаданни.....	2
1.2. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ ОТ ОБЛАСТТА НА АДАПТИВНИТЕ СОФТУЕРНИ СИСТЕМИ.....	2
1.3. ТЕОРЕТИЧНИ ПОДХОДИ.....	3
1.4. АДАПТИВНИ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ (АСЕО).....	3
1.5. ТЕХНОЛОГИЧНИ РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АДАПТИВНОСТТА.....	4
1.6. МОДЕЛИ, ИЗПОЛЗВАНИ ОТ АДАПТИВНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ.....	4
1.6.1. Модел на обучаемия.....	4
1.6.2. Модел на предметната област.....	5
1.6.3. Модел на обучението.....	5
1.6.4. Референтни модели на АСЕО.....	5
1.7. ИЗВОДИ.....	6
Глава 2. КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА АСЕО.....	6
2.1. ADAPTIVE HYPERMEDIA APPLICATION MODEL (АНАМ).....	6
2.2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НОВ КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА АДАПТИВНА ХИПЕРМЕДИЙНА СИСТЕМА ЗА ОБУЧЕНИЕ.....	7
2.2.1. Общо представяне.....	7
2.2.2. Модел на обучаемия.....	8
2.2.3. Модел на предметната област.....	9
2.2.4. Модел на адаптация.....	9
2.2.5. Машина за управление на адаптацията.....	10
2.3. ФОРМАЛИЗАЦИЯ.....	12
2.4. ИЗВОДИ.....	13
2.5. ПРИНОСИ.....	13
Глава 3. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ.....	13
3.1. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА УЧЕБНО СЪДЪРЖАНИЕ.....	13
3.1.1. Създаване на онтология.....	14
3.1.2. Структуриране на учебно съдържание.....	14
3.2. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА СЪСТАВЯНЕ НА УЧЕБЕН КУРС.....	15
3.2.1. Проектиране на ПГ на адаптивен учебен курс.....	16
3.2.2. Настройки за управление на МУА.....	16
3.3. ВИДОВЕ РОЛИ И РАБОТНИ ПРОЦЕСИ.....	17
3.3.1. Видове роли в адаптивна система за обучение базирана на ТКМ.....	17
3.3.2. Основни работни процеси на адаптивна система за обучение базирана на ТКМ.....	17
3.4. ИЗВОДИ.....	19
3.5. ПРИНОСИ.....	19
Глава 4. АРХИТЕКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ.....	20
4.1. ФУНКЦИОНАЛНИ ИЗИСКВАНИЯ.....	20
4.1.1. Функционални изисквания към авторската среда.....	20
4.1.2. Функционални изисквания към системата за управление на адаптацията.....	20
4.2. НЕФУНКЦИОНАЛНИ ИЗИСКВАНИЯ.....	21
4.3. СОФТУЕРНА АРХИТЕКТУРА НА СИСТЕМАТА АДОПТА.....	22

4.4. ИЗВОДИ.....	22
4.5. ПРИНОСИ.....	23
Глава 5. ОЦЕНЯВАНЕ НА РЕАЛИЗИРАНАТА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ	24
5.1. КАЧЕСТВЕНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ	24
5.2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ТЕСТВАНЕ НА АДОПТА	24
5.2.1. Софтуерни тестове и тестови сценарии	24
5.2.2. Разработване на адаптивен учебен курс	25
5.3. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ	27
5.4. ИЗВОДИ.....	31
5.5. ПРИНОСИ.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
Приноси.....	32
Публикации.....	33
Публикации в научни списания.....	33
Публикации в сборници от научни конференции.....	33
Апробации.....	34
Авторска справка.....	34
Открити цитатирания на статиите свързани с дисертацията (към 30.05.2011 г.):.....	35
Цитирана литература в автореферата.....	36

Увод

Във все по-бързо променящия се живот в техническо и събитийно отношение, ученето през целия ни живот се превръща в необходимост. Тя може да бъде удовлетворена по най-адекватен начин от електронното обучение. През последните петнадесет години, създаването и доставяне на модули за адаптивно учебно съдържание стана важна част при проектирането на съвременните платформи за е-обучение. Причината за навлизането на адаптивното електронно обучение се обуславя от факта, че за да бъде ефективен един учебен процес е необходимо учебните материали да бъдат съобразени с различни характеристики на обучаемия като специфични цели, предпочитания, знания, стил на учене и др. и на тази база да се използва подходяща педагогическа стратегия.

Целта на настоящата дисертация е да се предложи модел и архитектура на адаптивна система за електронно обучение и да се проектира, реализира и изпита в експериментални условия базиран на тях софтуерен прототип. Разработеният прототип ще подпомогне от една страна обучаемия в достигането и използването на учебни ресурси, които са адаптирани според личните му характеристики, нужди, предпочитания и поведение в средата и от друга страна – ще улесни автора на учебно съдържание и инструктора на курс съответно при създаването на учебни единици и прилагането върху тях на подходяща педагогическа стратегия.

За формулираната по-горе цел, в дисертацията ще се решат следните *конкретни задачи*:

- Проучване на състоянието на проблема:
 - Формулиране на основните изисквания на системите за електронно обучение и съвременните тенденции, които следват
 - Изследване и анализ на различните видове адаптивни системи за електронно обучение (АСЕО)
 - Преглед на използваните стандарти за АСЕО
 - Проучване на съществуващите технологични решения за управление на адаптивността
 - Изследване и анализ на съществуващите реализации на АСЕО
- Разработване на модел на Уеб базирана адаптивна система за електронно обучение;
- Създаване на методология за доставка и управление на адаптивно съдържание следващия предложен модел;
- Проектиране на архитектура на платформа за адаптивно електронно обучение, базирана на разработения модел;
- Реализация на прототип на АСЕО съгласно предложената архитектура;
- Оценка на разработения прототип;

Структура на дисертацията

Дисертационният труд се състои от увод, пет глави, заключение, списък на използваната литература, списък на авторските публикации по темата и списък на статии, цитиращи авторските научни трудове по темата на дисертацията, и приложения, 73 фигури, 14 таблици и пет приложения.

В първа глава е направен обзор и анализ на основните тенденции и съвременни изисквания на системите за електронно обучение, видовете адаптивни системи, стандартите, използвани за изграждането на АСЕО, технологични решения за управление на адаптивно съдържание и съществуващите технологии за управление на адаптивно съдържание. Формулирана е задачата и основната цел на изследването за проектиране на модел и архитектура на АСЕО и реализирането на прототип на тяхна база.

В глава втора се предлага нов концептуален модел за АСЕО и се представя неговата формализация.

Глава трета описва методология за доставяне и управление на адаптивно съдържание, базирана на предложенния концептуален модел.

Глава четвърта разглежда софтуерната архитектура и детайли, свързани с реализацията на адаптивната системата за електронно обучение, следваща предложението във втора глава модел.

Петата глава се спира на опитното тестване и оценяване на разработения прототип на АСЕО.

Заклучението обобщава постигнатите резултати, посочва научно-приложните и приложни приноси на дисертационния труд и очертава насоки за бъдещи разширения и подобрения на разработената адаптивна среда за електронно обучение.

Забележка: Номерацията на фигурите в автореферата съответства на тази в дисертацията.

Резюме на съдържанието

Глава 1. ОБЗОР И АНАЛИЗ НА АДАПТИВНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ

1.1. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ ОТ ОБЛАСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ

Електронното обучение или е-обучението възниква с навлизането на електронните устройства, като компютри, телевизия, радио и др., в сферите на обществения живот. През 1960 г. е разработена първата система за електронно обучение - PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations) от Университета в Илинойс [Stanley&Sherwood, '76].

1.1.1. Учебни обекти

Голяма част от съвременните научните изследвания и разработки са насочени към създаването и преизползването на учебни обекти ([Collis&Strijker, '04], [Friesen et al., '02]). Учебните обекти представят нова парадигма за създаване на учебни материали. При старата парадигма обучението е организирано в уроци и курсове, които изпълняват предварително зададени цели на съответния курс или урок. В новата парадигма учебното съдържание е разделено на по-малки, самостоятелни единици, които могат да бъдат използвани, както самостоятелно, така и да се комбинират (статично или динамично) с други.

1.1.2. Метаданни

Метаданните представят информация за даден ресурс. Те описват неговия контекст, свойства, предназначение и особености. Метаданните могат да опишат даден обект независимо от нивото му агрегация – съвкупност от ресурси, един ресурс или съставна част на по-голям обект. Целта на използването на метаданните е да се подобри и улесни извличането на информация. Освен това те могат да подпомогнат оперативната съвместимост, интегрирането на даден обект и неговата идентификация.

1.2. ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ ОТ ОБЛАСТТА НА АДАПТИВНИТЕ СОФТУЕРНИ СИСТЕМИ

Под адаптивна софтуерна система разбираме система, притежаваща някои от следните характеристики:

- адаптира поведението си съобразно промените на работната среда или на части/модули от самата адаптивна система.
- изграждащите я модули се развиват с цел максимално съответствие с промените на външната среда.

има средства за наблюдение и контролиране на своята работа, средства за промяна на параметрите си и използва затворен кръг от действия за подобряване на производителността си или за оптимизиране на взаимодействията с потребителя.

Съществуват три основни категории на адаптивност [Gell-Mann, '94]:

- адаптивност на приложно ниво - различни математични модели са в състояние да опишат даден проблем. Някои модели могат да са по-точни от други, но те могат да доведат и до по-високи изисквания към производителността на хардуера, както и до

използване на повече памет. За един симулационен алгоритъм е по-ефективно адаптивно да превключва между тези режими, за да използва оптимално ресурсите, които има на разположение.

- адаптивност на алгоритмично ниво - може да съществуват много алгоритми за постигане на желаната функционалност и е добре да се превключва между тези алгоритми, за да се адаптира спрямо ресурсите, които са налични.
- адаптивност на системно ниво

Много често понятията адаптивност и адаптируемост се използват като взаимно заменяеми термини, но техният принцип на действие е различен.

Системи, които позволяват на потребителя да променят някои параметри ръчно и по този начин да адаптират поведението си, се наричат адаптируеми [Oppermann et al., '97].

Системите, които се адаптират автоматично, основавайки се на действията на потребителя и на самостоятелни заключения за потребителските нужди, се наричат адаптивни [Oppermann et al., '97].

Адаптируемостта или адаптивността на една система може основно да бъде към средата (съответно адаптируемост или адаптивност към хардуерна и/или софтуерна платформа) или към потребителя (отразявайки специфични изисквания на потребителя).

1.3. ТЕОРЕТИЧНИ ПОДХОДИ

Има няколко основни теоретични подхода за прилагане на адаптация в учебния процес ([Modritscher et al., '04], [Park&Lee, '03]):

- *макро-адаптивен подход* - персонализирането на учебните материали и тяхната последователност спрямо обучаемите се провеждат на т. нар. макро ниво. Учащите са групирани и класифицирани по класове/курсове. В рамките на този подход изборът на учебни дейности зависи от учебните цели, като компенсират слабостите на учащите или развива нови умения и способности у тях [Corno&Snow, '86]
- *подход, базиран на способности* - има за цел да адаптира инструкционни стратегии за обучение съгласно способностите на обучаемите.
- *микро-адаптивен подход* - има за цел да адаптира процеса на обучение на микро ниво като диагностицира нуждите на обучаемия по време на самото обучение.
- *конструктивистичен подход за съвместна работа* - насочен е към това как една електронна система за обучение може да бъде интегрирана в учебния процес. При този метод обучаемият играе активна роля в процеса на обучение, изграждайки собствените си знания, чрез опит в контекст на дадена област.

1.4. АДАПТИВНИ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ (АСЕО)

АСЕО са адаптивни системи в контекста на електронното обучение. Те са насочени към адаптивност на учебното съдържание и неговото представяне. Адаптивността в системите за електронно обучение се изразяват във възможността за адаптация:

- към *потребителските нужди и предпочитания*
- в зависимост от *потребителското поведение*
- в зависимост от *показаните резултати*

Всички тези данни (предпочитания, поведение, резултати) се събират в т.нар. *потребителски модел* (ПМ).

Съгласно [Stoyanov&Kirschner, '04] “една АСЕО е интерактивна система, която персонализира и адаптира учебно съдържание, педагогически модели и взаимодействия между участниците в нея, с цел да удовлетвори нуждите и предпочитанията на потребителите ако и когато те се появят”.

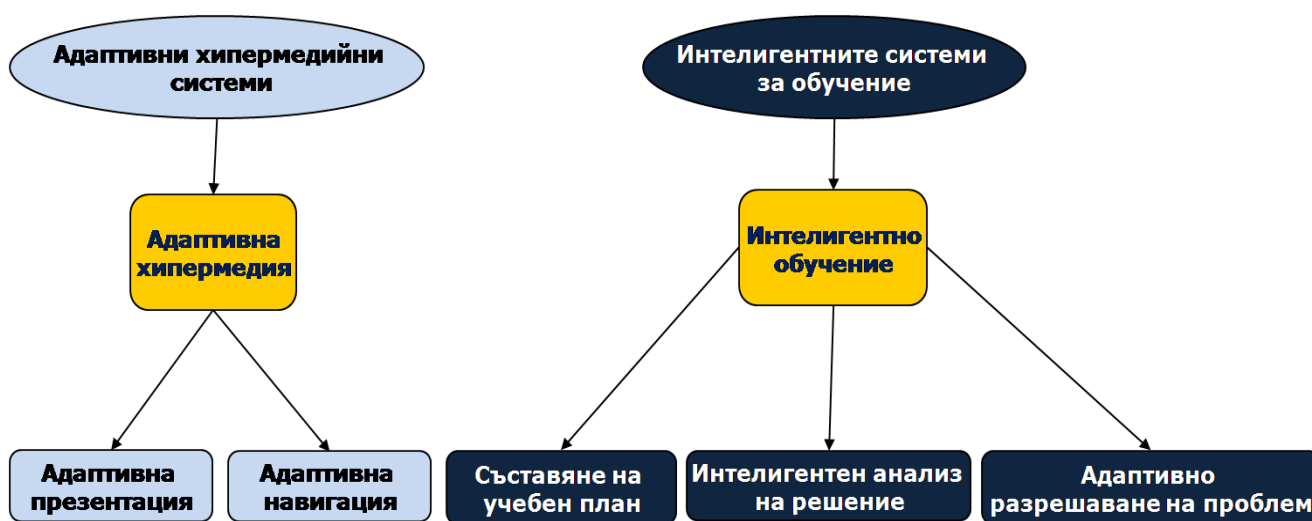
Основните видове адаптивни системи:

- макро-адаптивните учебни системи - следват макро-адаптивния подход. При тях водещи са резултатите от тестовете на обучаемите. В зависимост от тях учебният процес е планиран и протича по различен начин.
- компютърно-подпомогнатите учебни системи- комбинират макро-адаптивния и микро-адаптивния подход [Modritscher et al.,'04]. При тях, инструкторът има средства за наблюдение и контрол на учебния процес.
- интелигентните системи за обучение - автоматично персонализират учебния процес. Тяхна основна цел е да симулират различни аспекти от преподавателската дейност. При тях инструктор или учител е самата система.
- адаптивните хипермедийни системи (АХС) - опитват се да съчетаят адаптивните системи за обучение и хипермедийно-базираните системи. Те се адаптират към потребителските характеристики, като за тази цел обикновено въвеждат потребителски модел

1.5. ТЕХНОЛОГИЧНИ РЕШЕНИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АДАПТИВНОСТТА

Под адаптивни и интелигентни технологични решения разбираме по същество различни начини за добавяне на адаптивна или интелигентна функционалност към дадена образователната система. Всяка технология обикновено може да бъде реализирана, чрез няколко други техники и методи, които отговарят на различни варианти на нейната функционалност и различни начини за нейното прилагане [Brusilovsky, '96].

Според Брусиловски [Brusilovsky, '97] в АХС може да се адаптират две неща - съдържанието на учебните страници и хипервръзките между тях, т.е. имаме две нива на адаптация – на ниво съдържание и на ниво връзки. Тези нива са два различни начина на хипермедийна адаптация и се наричат съответно адаптивна презентация и адаптивна навигация [Bontchev&Vassileva, '06]. Това са най-разпространените класически технологии на адаптация в АХС (фиг. 1.3).



Фиг. 1.3: Класически технологии на АСЕО и ИСО [Brusilovsky&Peylo, '03]

1.6. МОДЕЛИ, ИЗПОЛЗВАНИ ОТ АДАПТИВНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ

1.6.1. Модел на обучаемия

Моделът на обучаемия описва данните на системата за текущото състояние на потребителските знания, предпочитания, цели и други. Той често е разделен на две части:

- обща част – отнася се до различните характеристики на обучаемия като предпочитан стил на учене, културна среда, предпочитания и много други в зависимост от типа на системата.

- конкретна част – тук се съхраняват всички действия на обучаемия като посетени страници, изпълнени задачи, отговори на тестове. Тези действия могат да бъдат проследени и използвани за намаляване или увеличаване на нивото на знания на обучаемите за някоя от включените концепции.

1.6.2. Модел на предметната област

Моделът на предметната област описва съдържанието на информацията в системата. Това включва както информацията на концептуално ниво, описваща структурата на дадена предметна област, така и отделните фрагменти или страници.

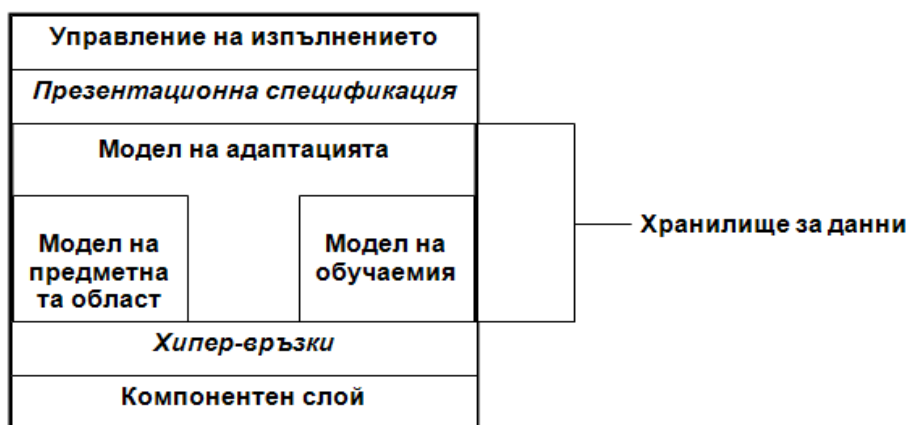
1.6.3. Модел на обучението

Моделът на обучението задава логиката, използвана при изпълнение на решенията за адаптация. Обикновено той не е отделна част от системата и това е проблем за съвременните АСЕО. Най-разпространената практика е инструкциите за адаптация да са въведени и съхранявани заедно със съдържанието. Най-използваният стандарт SCORM поддържа задаване на адаптивна последователност на учебните дейности, но при него отново се приема, че логиката ще бъде неразделна част от персонализирана единица съдържание и само предоставя дефиниции за външното поведение, а не формулира вътрешното представяне.

1.6.4. Референтни модели на АСЕО

Съвременните АСЕО следват някои от съществуващите референтни модели като например:

- Dexter Hypertext Reference Model [Halasz&Schwartz, '94] – целта на този модел е да се осигури методична база за сравнение на системите и да се разработят стандарти за обмен и оперативна съвместимост. Той разделя една АХС на три слоя (фиг. 1.8):
 - Хранилище на данни - описва мрежа от възли и връзки, което е същността на хипертекстовите документи.
 - Управление на изпълнението - описва механизмите за поддръжка на взаимодействието на обучаемите с хипертекстът.
 - Компонентен слой - обхваща съдържанието и съставените от него структури.
 Акцентът на модела е върху първия слой, както и върху механизмите, специфициращи представянето и свързването на отделните възли.
- АНАМ Reference model [De Bra et al., '99] – усъвършенства горния модел. Той дава възможност за поддръжка на адаптивни хипермедийни приложения, като разделя първия слой (хранилището на данни) от Dexter модела на предметната област, модел на обучаемия и модел на адаптацията (фиг. 1.9) и добавя възможности за поддръжка на адаптация, базирана на модела на обучаемия, която е независима от продължителността на сесията. Целта на този модел е да се опише функционалността на дадена АХС.



Фиг. 1.9: АНАМ Reference model [De Bra et al., '99]

- Munich Reference Model [Koch&Wirsing, '02] - той е подобен на АНАМ моделът и е продължение на Dexter Hypertext Reference Model. Основната разлика между двата подхода е, че АНАМ моделът специфицира език, базиран на адаптационни правила, докато Munich моделът използва обектно-ориентирана спецификация, основана на унифицирания език за моделиране UML (Unified Modeling Language), която интегрира както интуитивно визуално представяне, така и формална спецификация в OCL (Object Constraint Language).
- Goldsmiths Adaptive Hypermedia Model (GANM) [Ohene-Djan et al., '03] – абстрактен модел, разработен от Goldsmiths College, University of London. Предоставя формален подход за моделиране на персонализирани, адаптивни хипертекст базирани системи.

Основните недостатъци на горните модели се състоят в тяхната поддръжка на адаптивност само относно знанията на обучаемите. Те не поддържат адаптивност относно целите на обучаемия и стиловете на учене, което през последните години се утвърди като една от най-ефективните концепции в съвременните АХС. Освен това, съществуващите модели на АХС вмъкват конкретната педагогическа стратегия в конкретно учебно съдържание, което затруднява осъществяването на оперативната съвместимост между различните системи за електронно обучение. Също така това пречи на използването на една и съща педагогическа стратегия за различни учебни материали.

1.7.ИЗВОДИ

Съгласно направения обзор можем да заключим, че основните недостатъци на съществуващите модели на АХС и АСЕО са свързани с липсата на поддръжка на адаптацията относно стила на учене и вмъкването на педагогическите стратегии в конкретен учебен материал.

При по-старите АХС правилата са включени в кода на програмата, докато при съвременните обикновено са съхранявани заедно със съдържанието, което също не е оптимално решение.

Проблем специално на АСЕО, поддържащи стандарти за пакетиране на учебни обекти е и че авторът на съдържание трябва да отдели твърде много време за тяхното описание. Друг проблем на самите системи е, че нямат удобен графичен интерфейс, с който могат да проследят или да проектират как ще протече курсът при различните обучаеми.

Глава 2. КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА АСЕО

2.1. ADAPTIVE HYPERMEDIA APPLICATION MODEL (АНАМ)

Моделът АНАМ е разширена версия на модела Dexter и е базиран както на него, така и на по-ранните модели, формулирани за по-традиционни системи за хипертекстово съдържание. Той е насочен конкретно към адаптивните хипермедийни приложения. АНАМ включва всички компоненти на модела Dexter, като освен това осигурява поддръжка на адаптивни хипермедийни приложения чрез разделяне на *хранилището на данни* - на модел на съдържанието, потребителски модел и модел на адаптация. Това дава възможност АНАМ, да даде формален модел за представяне на адаптивни хипермедийни приложения на абстрактно ниво.

Едно от ограниченията на АНАМ е в следствие на факта, че голяма част от педагогическите правила са дефинирани под формата на структурни връзки между концепции. По този начин *модела на предметната област* и *модела на обучение* са силно обвързани, което затруднява отделянето на съответната педагогическа стратегия от съдържанието.

Друго ограничение е, че АНАМ поддържа метаданни за учебното съдържание, които единствено описват отношенията между концепции. В този модел липсват метаданни, които описват самото съдържание (или фрагментите, които са еквивалент на учебен обект). Това води до липса на възможност за по-ефективно търсене и обмен на учебни обекти, както и за поддръжка на стандарт за описание на метаданни като например LOM.

Важно условие за една съвременна АСЕО е и поддръжката на адаптация на съдържанието към различни стилове на учене и целите на обучаемия. Това не е отразено в АНАМ, където адаптацията е само към знанията и предпочитанията на учащия.

Отправените забележки в тази част към АНАМ дават основание да се предложи нов концептуален модел на АСЕО, която е представена като АХС в контекста на електронното обучение. Новият модел ще бъде базиран на АНАМ и ще отрази тези забележки като предложи структура, в която има ясно разделяне на учебното съдържание от последователността на представянето му на обучаемия, поддръжка на стил на учене и цели, както и на поддръжка на стандарт за обмен на учебно съдържание.

2.2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЗА НОВ КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ НА АДАПТИВНА ХИПЕРМЕДИЙНА СИСТЕМА ЗА ОБУЧЕНИЕ

2.2.1. Общо представяне

Вземайки предвид недостатъците на модела АНАМ, в тази част ще бъде предложен нов концептуален модел на АХС, който ги покрива. Той следва подход, базиран на метаданни, при който има ясно разделяне на последователността от учебни дейности или т.нар. педагогическа стратегия от учебното съдържание и машина за управление на адаптацията (МУА). Фиг. П.1 представя неговата т. нар. триъгълна структура и съгласно това представяне този модел ще бъде наречен триъгълен концептуален модел (ТКМ). Както се вижда от фиг. П.1, той има общи черти с АНАМ модела [De Bra et al., '99], но го подобрява, чрез разделянето му на три основни независими подмодела.



Фиг. П.1: Структура на ТКМ [Bontchev&Vassileva, '06].

Тези модели са модел на обучаемия, модел на предметната област и модел на адаптацията. Те поддържат някои липсващи при другите модели на АХС характеристики като стил на обучение, онтологична структура на учебните дейности, метаданни за тях и адаптивните правила.

Освен основните три подмодела, новият модел включва и машина за управление на адаптацията, която отговаря за доставката на адаптивно съдържание до обучаемите и за контрола на адаптивния учебен процес.

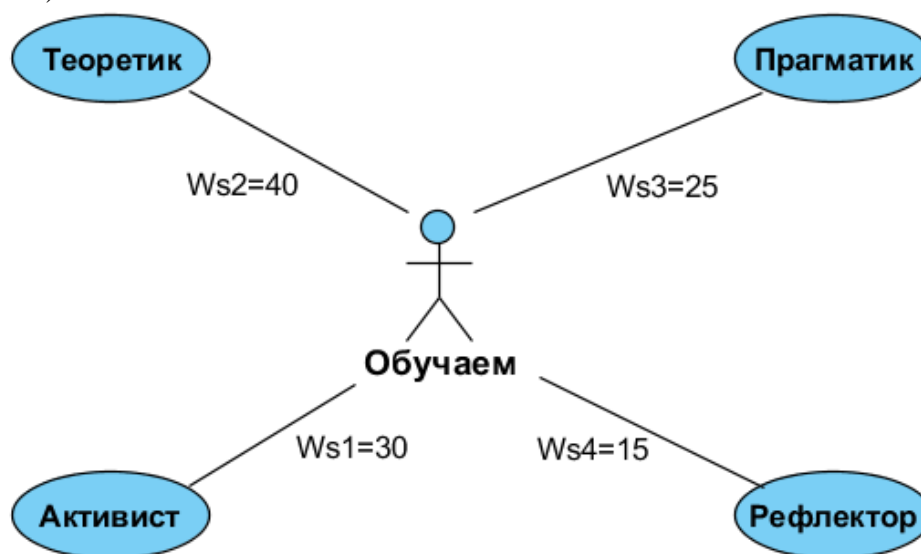
Така се получава нов йерархично-организиран модел за изграждане на АХС за управление на учебния процес. Този йерархичен модел се състои от две нива. На първо ниво моделът е базиран на прецизно разделение на трите основни подмодела, докато на второто ниво всеки един от тези подмодела е разделен на други три подмодела [Vassileva&Bontchev, '06].

2.2.2. Модел на обучаемия

Целта на модела на обучаемия е да съхранява информация за него. Тази информация е структурирана в три подмодела:

- *Цели и предпочитания* – съхранява информация кои от курсовете в системата обучаемият иска да посети, какви са неговите предпочитания като например вид шрифт, неговата големина, цвят и други параметри, свързани с интерфейса. Освен това, предпочитаните курсове могат да бъдат класирани по приоритети.
- *Стил на обучение* – съдържа информация за характерен за студента начин на учене и педагогически подход. Тези данни се използват от адаптивната машина, за да се осигури възможно най-пълноценно и резултатно обучение.
- *Знания и резултати* – записва получените резултати от тестове, есета, проекти, задачи и други. Тези резултати са показатели за напредъка на обучаемия и оттам за ефективността на учебния процес. Освен резултатите на обучаемия, този модел отчита придобитите знания и знанията, получени от други източници извън АХС и декларирани от учащия се. Оценяването по метода 360-градусова обратна връзка е чрез въпросник, който позволява един човек да бъде оценен от хора, които се предполага, че го познават добре: началниците, хората, които работят с него и подчинените му. Техните оценки се синтезират и цялостният резултат може да бъде сравнен със собственото мнение за постиженията.

В зависимост от модела на стила, характерите на обучаемите могат да притежават в различна степен съответните стилове на учене. Такива стилове на учене могат да бъдат както дефинираните от модела на Honey и Mumford [Karagiannidis&Sampson, '02] - активист, теоретик, прагматик, рефлексор, така и от модела VARK на Флеминг стилове на обучение - визуален, аудиторен и кинестетичен стил, или други. *Стильът на обучение* е обособен като отделен подмодел и може да бъде използван за избор на най-доброто съдържание за даден обучаем, притежаващ дадена комбинация от стилове на учене. Използва се комбинация от стилове на учене, т.е. полиморфичен стил на учене, поради факта, че в повечето случаи обучаемите принадлежат в различна степен на някои от тях и никога само на един от тези стилове (фиг. П.3).



Фиг. П.3: Пример за полиморфен профил на стила на учене.

Важно е да се отбележи, че моделът на обучаемия не е ориентиран към един от съществуващите модели за стилове на учене (като например моделите, дефинирани съответно от Honey и Mumford, Gregoric-Mind, Dunn и Dunn и т.н. [Karagiannidis&Sampson, '02]) и може да бъде използван за всеки стил на учене от тези модели. Моделът на обучаемия трябва да поддържа информацията за своите потребители винаги актуална.

2.2.3. *Модел на предметната област*

Моделът на предметната област служи за съхранение, организиране и описание на учебното съдържание. Той е съставен от:

- *Съдържание* – съставено под формата на учебни обекти съгласно стандарта SCORM ([SCORM, '06]).
- *Онтологии* – целта е съдържанието да бъде организирано в семантични онтологии
- *Метаданни* – описват учебните обекти и онтологии съответно съгласно стандартите LOM и OMV ([Hartmann et al., '05]).

Този модел поддържа различни типове учебно съдържание – не само стандартното учебно лекционно съдържание, което тук ще наричаме *повествователно съдържание*, но и учебни дейности като задача, тема за писане на есе, тестови въпрос, игри и др. Семантичната онтология трябва да бъде специфицирана от автора на курса още в началото, за да може по време на създаване на учебните материали, да формира логическа таксономия за съответната област от знания (т.е. онтология на предметната област). По този начин, учебните обекти се разработват от автора и се поставят в страниците на курса от инструктора.

Целта на дефинирането на семантиката на учебно съдържание, при създаването му е да улесни заинтересованите от него лица при прегледа и търсенето му. Всяка онтология може да бъде представена не само чрез дървовидна структура – както в Protégé [Moreira&Musen, '07] – но също и чрез граф, което добавя по-голяма семантична сила и пълнота, което от своя страна улеснява представянето на множественото наследяване и референциите на един учебен обект към друг. Моделът на предметната област и в частност неговият подмодел – *Онтологии*, поддържат два вида релации между възлите в онтологичните графи:

- *is-a релация* - съответстваща на наследяването между учебни обекти в смисъла на тяхната дефиниция. Този тип релация присъства със същото значение между класовете в парадигмата на обектно ориентираното програмиране.
- *has-a релация* – представя отношение между типове като например агрегация, асоциация и зависимост.

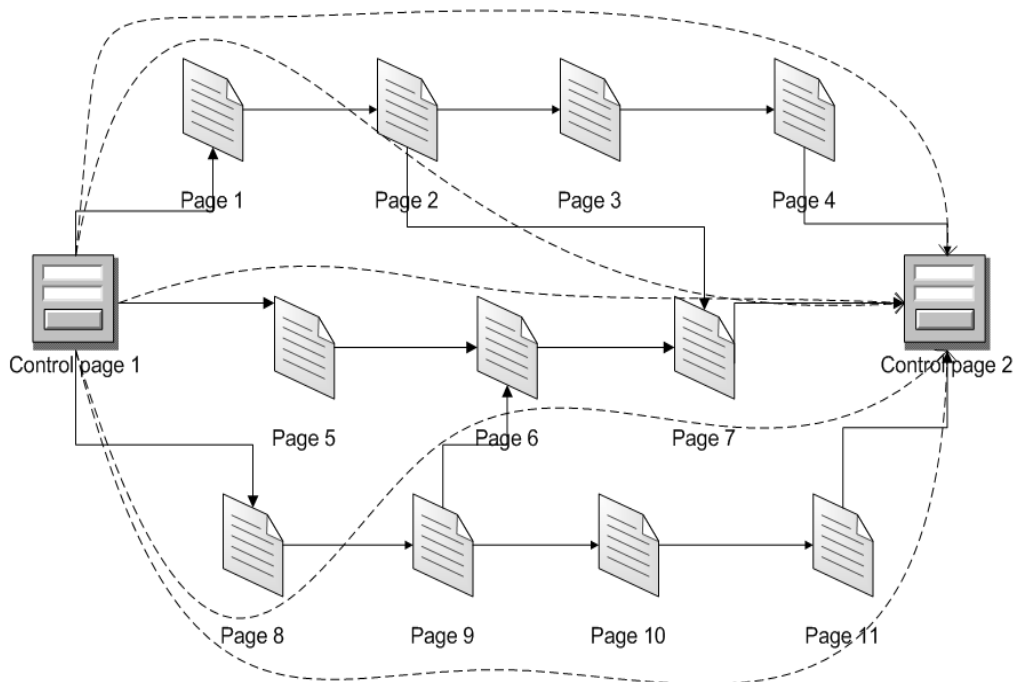
2.2.4. *Модел на адаптация*

Моделът на адаптация (МА) заема централно място в предложения йерархичен модел. Това се дължи на факта, че неговите три подмодела взаимодействат с части от подмоделите на предметната област и обучаемия. Той е отговорен за конструирането на повествователен граф за всеки един от курсовете и семантиката на педагогическата стратегия, използвана в даден курс. Този модел се състои от:

- *макет на повествованието* – съдържа граф на повествованието (ГП) за всеки курс. Пример за такъв граф е даден на фиг. II.5. Тези графи са съставени от различни страници, които са свързани помежду си. По този начин съществуват различни варианти на последователност на учебните материали, които са подходящи за различни обучаеми, в зависимост от техния профил (цели, стил на учене, текущи знания и т.н.). Тези последователности ще бъдат наричани работни пътища (РП) и всеки един от тях има определено от инструктора тегло за всеки от стиловете на обучение (използвани от машината за управление на адаптация). Всеки граф на курс има два вида възли – контролна точка (КТ) и т. нар. повествователни страници. Контролните точки се използват за оценка на знанията на обучаемия и на база на тази оценка и теглата на РП се

определя следващ най-добър път. Повествователните страници съдържат учебно съдържание, съставено от учебни обекти. Съдържанието може да се различава от гледна точка на сложност (в зависимост от текущите знания и резултати на даден обучаем) и представяне (в зависимост от стила на обучение и предпочитанията).

В примера за ГП на примерен курс (фиг. П.5) можем да видим контролните точки - *Control page 1* и *Control page 2*, където системата проверява нивото на знания на обучаемия. Възлите *Page 1, Page 2, Page 3, ..., Page 11* представляват страниците, които съдържат учебните материали. Въз основа на резултата в *Control page 1* и характеристиките на учащия (от МО) адаптивната машина трябва да прецени кой от работните пътища (този съдържащ *Page 1, Page 2* и *Page 7* или РП, съдържащ *Page 8, Page 6* и *Page 7* или друг) ще предложи като най-подходящ за потребителя. Изчисленият път се съхранява в МО за всеки обучаем по отделно. При преминаването на обучаемия през графа всяка страница може да бъде модифицирана от модула за управление на адаптацията. Учебните обекти с прекалено ниско ниво на изчисленото предпочитание може да бъдат пропуснати от представянето. Също така може да се използват различни анотации и подредба на връзките към други страници от курса. Накрая в точката *Control page 2* системата пак определя нивото на знание на обучаемия, чрез контролни въпроси, които се създават автоматично въз основа на учебните обекти, през които е преминал студентът в процеса на обучението.



Фиг. П.5: Примерен повествователен граф на курс

- *схема от правила* – представя селективната логика за преминаване през ГП и се използва от адаптивната машина за доставка на адаптивно учебно съдържание.
- *метаданни на повествованието* – задава метаданни, свързани с макета на повествованието и схемата от правила като например праг на резултатите от тестовете за преминаване към следваща контролна точка или връщане към предишна, анотация на връзките между страниците, видимост на учебните обекти и др.

2.2.5. Машина за управление на адаптацията

Доставката на страниците с учебно съдържание на обучаемите се контролира от машината за управление на адаптацията (МУА), чрез избор на най-подходящ РП (с използването на адаптивна навигация) и съдържание (с адаптивна селекция на съдържание и анотация на

връзки), чието представяне е съобразено със съответния профил на обучаемия. Вместо да се избере динамично една страница (т.е. възел от ГП) с нейното съдържание, се селектира най-подходящ РП от ГП за даден обучаем с даден стил на обучение, от една страна, и показаните знания и резултати, от друга. За тази цел се дефинират КТ като възли от ГП, където АМ оценява знанията/резултатите на обучаемия и/или получава данни от самия обучаем за нивото му на удовлетвореност за неговите цели и предпочитания. Когато един обучаем започва нов курс, адаптивната машина намира най-добрия РП за него в ГП за съответния курс. Най-добрият път е този с най-голямо тегло. За даден обучаем най-добрият път се изчислява чрез следната формула:

$$(1.1) \quad \max_{(k)} \left\{ \frac{\sum_i W_{WP_k}(c_i) * W_{C_i}(l)}{\|W_{WP_k}(c)\| * \|W_{C_i}(l)\|} \right\}, \text{ където:}$$

- k е броят на РП от текущата КТ до следващата
 - c_i е един от стиловете на учене
 - $W_{WP_k}(c_i)$ е тегло на един от РП WP_k за учебен стил c_i
 - $W_{C_i}(l)$ е степента, в която обучаем l принадлежи на учебен стил c_i
 - $\|W_{WP_k}(c)\|$ - дължина на вектора, съставен от теглата на РП WP_k за всеки един от учебните стилове
 - $\|W_{C_i}(l)\|$ - дължина на вектора, съставен от степените, в които обучаем l принадлежи на всеки един от стиловете на учене.

Ако представим теглата на различните РП и на полиморфичния учебен стил като вектори, то максималното скаларно произведение между тях разделено на произведението от техните дължини, ще отговаря на косинуса на ъгъла между двата вектора и следователно в най-голяма степен на профила на обучаемия. Така, колкото по-близки са двата вектора, толкова по-подходящи ще бъдат един за друг съответния РП и учебен стил. При еднакъв ъгъл между два и повече вектора на РП и вектора на полиморфичния учебен стил, за най-подходящ за дадения обучаем ще бъде избран РП, чийто вектор е с най-голяма дължина, т.е. с по-високи коефициенти на значимост относно учебните стилове.

Формулата за актуализиране на тегло на път, след решаване на тест в КТ $k + 1$, е следната:

$$(1.2) \quad W_{WP_k}(c_i) = W'_{WP_k}(c_i) + \frac{W''_{WP_k}(c_i) + (R - P) * W_{C_i}(l)}{N}, \text{ където:}$$

- c_i е един от стиловете на учене
- WP_k е съответния РП от КТ k до КТ $k + 1$
- $W'_{WP_k}(c_i)$ е първоначално дефинираното от учителя тегло на WP_k за c_i
- $W''_{WP_k}(c_i)$ е разликата от текущото и първоначално дефинираното от учителя тегло WP_k за c_i
- $W_{WP_k}(c_i)$ е новото тегло на WP_k за c_i
- R е резултат от теста на обучаем l за КТ $k + 1$
- P е параметър на корекция. Той може да бъде равен на тестовия праг или да бъде с по-голяма стойност. Това зависи от преценката на учителя за това при какъв резултат на обучаемия, РП е бил удачен за него. Този параметър се въвежда с цел теглото на РП да бъде намалено при резултат под очаквания
- $W_{C_i}(l)$ е степента, в която обучаем l принадлежи на учебен стил c_i
- N е броят на обучаемите, преминали до момента през WP_k

МУА може да конфигурира някои от параметрите на учебния процес като например:

- броя на въпросите, които да се показват във всяка контролна точка
- пътищата, измежду които да се избира най-подходящият
- нивото на сложност на учебните обекти, които да се показват
- спиране на адаптивна навигация и структурната адаптация

2.3. ФОРМАЛИЗАЦИЯ

В тази част е представено формално описание на процеса на адаптация, базиран на ТКМ. За описанието на формалния модел е използвана предикатна логика от втори ред [Adams, '98]. Предикатната логика използва ясен и недвусмислен формален език, интерпретиран чрез математически структури. Това дава възможност за по-ясно разбиране на адаптивния процес и по-точно описание на адаптивните правила.

Съгласно описания концептуален модел, би могло да се приеме, че една АСЕО може да се представи като четворка (LM, DM, AM, AE). Всеки елемент от тази четворка представя подмодел от първо ниво на предложението концептуален модел и неговото ядро - адаптивната машина. За всеки един от елементите в множеството (LM, DM, AM, AE) са дефинирани предикати, които описват основните функционалности на съответния подмодел като например:

- за LM, който представя модела на обучаемия, предикатът, който показва нивото на принадлежност на един потребител към даден стил на обучение, е: $user_learning_style(user_id, learning_style, value)$, където $learning_style = \{style\ 1, style2, \dots, styleN\}$.
- за DM, който дефинира предикати, свързани с модела на предметната област, предикатът, представящ йерархичните връзки между учебните обекти в дадена онтология е: $domain_lo(domain_id, lo_id)$ – връща стойност *истина*, ако учебен обект с идентификатор lo_id се съдържа в предметна област $domain_id$
- за AM, който включва предикати, представящи функционалности на МА, предикатът, който определя дали работен път с идентификатор $path_id$ съдържа страница с идентификатор $page_id$ е: $page_4_cp_path(path_id, page_id)$ – определя дали РП с идентификатор $path_id$ съдържа страница с идентификатор $page_id$
- за AE, който дефинира предикати, свързани с адаптивната машина, предикатът, който проверява дали потребител с идентификатор $user_id$ е изпълнил всички необходими предварителни условия за започване на курс с идентификатор $subject_id$ е: $user_precondition(user_id, subject_id)$

С връзки между така дефинираните предикати могат да бъдат представени правилата за адаптация. Те са разделени на три основни групи, в зависимост от тяхната цел:

- начални правила (starting rules) – тези правила описват знанията на обучаемия и началните условия за започването на нов курс.

Ако потребителят познава всички учебни обекти от дадена предметна област/курс, тогава той познава съответната предметна област/курс – (1), (2):

- (1) $\forall user_i \exists domain_j (\forall lo_k domain_lo(domain_j, lo_k) \wedge user_knows_learning_object(user_i, lo_k)) \rightarrow user_knows_domain(user_i, domain_j)$
- (2) $\forall user_i \exists subject_j (\forall lo_k lo_4_subject(subject_j, lo_k) \wedge user_knows_learning_object(user_i, lo_k)) \rightarrow user_knows_subject(user_i, subject_j)$

Ако обучаемият познава всички курсове, които участват в предварителните условия за започването на даден курс, той може да започне с обучението си по него – (3), (4):

- (3) $\forall subject_j \exists user_i (user_knows_subject(user_i, subject_j) \wedge sub_precondition(subject_k, subject_j)) \rightarrow user_precondition(user_i, subject_k)$
- (4) $\forall user_i (user_precondition(user_i, subject_j)) \rightarrow next_cp_path(user_i, subject_j, null)$

- правила за обхождане на ГП

Ако обучаемият премине успешно или не теста в дадена КТ, той продължава съответно напред (5) или бива върнат назад (6):

(5) $\exists k(\text{user_performance}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_k, \text{pass})) \rightarrow \text{next_cp_path}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_k)$

(6) $\exists k(\text{user_performance}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_k, \text{fail})) \rightarrow \text{next_cp_path}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_{k-1})$

- правила за промяна на МО – тези правила са свързани със знанията и резултатите на обучаемите.

Ако обучаемият премине тестовете във всички КТ на даден курс, то той познава този курс – (7):

(7) $\forall k(\text{user_performance}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_k, \text{pass})) \rightarrow \text{user_knows_subject}(\text{user}_i, \text{subject}_j)$

Ако обучаемият премине теста в дадена КТ, тогава той познава в достатъчна степен учебните обекти, съставлящи страниците, през които е преминал (т.е. страниците на изборния РП), за да достигне тази КТ – (8):

(8) $\forall k \exists i(\text{user_performance}(\text{user}_i, \text{subject}_j, \text{control_point}_k, \text{pass}) \wedge \text{page_4_cp_path}(\text{path}_m, \text{page}_d) \wedge \text{lo_4_page}(\text{page}_d, \text{lo}_k) \rightarrow \text{user_knows_learning_object}(\text{user}_i, \text{lo}_k)$

2.4. ИЗВОДИ

Съгласно даденото описание на предложението концептуален модел на АХС може да се заключи, че той дава възможност да се приложи за доставка на адаптивно учебно съдържание. Това доставяне се адаптира съгласно показаните знания и стила на обучение на обучаемия посредством теглата на РП в курсов граф и теглата на учебните обекти в страниците на този граф, представляващи негови възли. За използването му е необходимо да се разработи методология за проектиране на учебно съдържание и инструкторски дизайн за адаптивното му доставяне.

2.5. ПРИНОСИ

Приносите на тази глава могат да бъдат обобщени в две основни точки:

- Предложен е нов концептуален модел на АХС, който има ясно дефинирано разделяне на последователността от учебни дейности или т.нар. педагогическа стратегия от учебното съдържание и машината за управление на адаптивно съдържание. По този начин той се оказва по-гъвкав и лесно разширяем. Така промените или добавянето на допълнителни елементи в един от тях няма да се отразят на останалите. Този модел поддържа адаптивност спрямо стилове за обучение, което липсва при другите съществуващи модели.
- Представено е формално описание на новия концептуален модел, описващо основните адаптивни процеси и правила за доставка на адаптивно съдържание. Това формално описание дава възможност за по-лесна и нагледна реализация на машината за управление на адаптацията и сравнение с други подобни адаптивни системи.

Глава 3. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ

3.1. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА УЧЕБНО СЪДЪРЖАНИЕ

За създаването и управлението на учебно съдържание е отговорен неговият автор. Основните характеристики, на които то трябва да отговаря, са следните:

- трябва да бъде добре структурирано – в подходяща онтология и на подходящо място в онтологичния граф
- да дава възможност за многократно използване - т.е. да бъде с възможно най-ниска грануларност, като по този начин може да бъде използвано на различни места и с различни цели

- да бъде подробно описано – съгласно полетата на стандарта LOM [IMS, '04]. Това улесява намирането на подходящо съдържание от инструктора или от други системи за Интернет базирано обучение.

3.1.1. Създаване на онтология

Всеки онтологичен граф представя формално описание на определена предметна област с помощта на концептуална схема. По този начин знанието може да бъде описано чрез граф или йерархична структура от обекти, свързани със съответните връзки и представяне на отношенията между тях.

Следвайки модела на предметната област от ТКМ, учебното съдържание трябва да бъде структурирано в онтологични графи. Тези онтологични графи групират учебните обекти и представят връзките между тях.

Връзките в онтологичния граф могат да бъдат от два основни типа:

- *is_a* – този тип връзка е семантична. Той показва как учебните обекти и в частност знанията, които те описват се отнасят едно към друго. Този тип връзка оформя онтологично дърво. Колкото на по-високо ниво (при изграждане отдолу-нагоре) се намира един учебен обект, толкова по-конкретен е той и смисълът, който се влага в него е, че допълва и разширява своя предшественик.
- *has_a* – този тип връзка е референтна. Тя превръща онтологично дърво, съдържащо единствено връзки от тип *is_a*, в граф.

При създаване на дадена онтология, нейният автор трябва да зададе име и да я аностира. Онтологията се аностира съгласно предложението на стандарт метаданни за онтологии OMV [Hartmann et al., 2005]. Това предложение съдържа различни характеристики, които дават възможност за търсене, обмяна и споделяне на онтологии между различни системи, които ги поддържат.

3.1.2. Структуриране на учебно съдържание

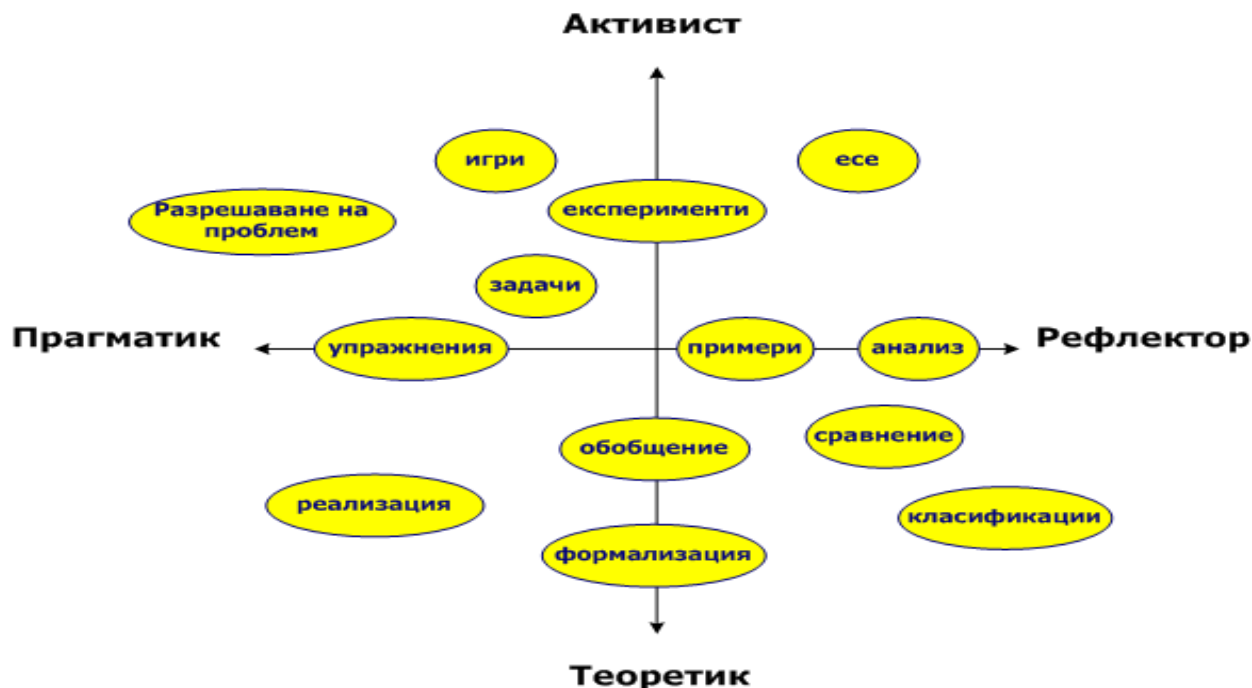
Следвайки модела на предметната област от ТКМ, учебното съдържание трябва да бъде представено от учебни обекти. Разглеждаме четири основни вида учебни обекти, които съставят онтологичните графи. Те са:

- *повествователно съдържание* – представя същинското учебно съдържание, а всички останали видове са помощни към него. Авторът трябва да зададе ниво на сложност за обекта. Помежду си обектите от този тип в онтологията се свързват с връзка от тип *is_a*.
- *тестов въпрос* – може да има отношение към един или няколко учебни обекта (от тип *повествователно съдържание*), но трябва да е свързан поне с един от тях, за да може да участва в учебния процес. Въпросите се използват от МУА. Тя съставя автоматично тест в контролните точки, на база на посетените от обучаемия учебни обекти и също автоматично оценява отговорите. В онтологичния граф този тип учебен обект може да се свърже единствено с учебен обект от тип *повествователно съдържание*, чрез връзка от тип *has_a*.
- *задача* – съдържа текстово описание на изискванията към даден проект или описание на проблем, който обучаемият трябва да разреши. Както и горния вид учебен обект, в онтологичния граф, един учебен обект *задача* може да има отношение към един или повече учебни обекта от тип *повествователно съдържание*, за което се използва връзка от тип *has_a*.
- *тема за писане на есе* – задава една или няколко теми за есе, описва изискванията към него, критерии за оценка и насоки за работа. Отново както при горните два типа учебни обекти може да има отношение към един или към повече учебни обекта от тип *повествователно съдържание* и се свързва с тях в онтологичния граф с връзка от тип *has_a*.

- *други* – освен горе описаните видове учебни обекти могат да бъдат дефинирани и други като например проект или игри. Връзките между този вид обекти и обекти от тип *повествователно съдържание* са от тип *has_a*.

За всеки учебен обект трябва да бъде зададена неговата сложност. Това ще послужи за ориентир при използването на обекта в учебен курс. Допълнително е необходимо да се дефинират метаданни съгласно стандарта LOM. Те описват максимално детайлно даден обект и дават възможност за обмен на учебно съдържание между различни платформи.

При създаването на учебни обекти, трябва да се вземе под внимание тяхното разпределение в зависимост от типа им и използваните стилове на учене. Това е необходимо, за да може при проектиране на учебен курс да има достатъчно варианти за конструиране на съдържание подходящо за различните учебни стилове.



Фиг. III.4: Разпределение на различни видове учебни обекти, спрямо уместното им приложение за различните учебни стилове на Honey и Mumford [Bontchev&Vassileva, '09b].

На фиг. III.4 е показано предложеното разпределение съгласно утвърдените и често използвани при проектирането на педагогически стратегии за адаптивно обучение, стилове на учене на Honey и Mumford [Karagiannidis&Sampson, '02]. Моделът на Honey и Mumford е базиран на теорията на Kolb [Sadler-Smith& Eugene, '97], според който обучението има две измерения – възприемане (ос у от фиг. III.4) и обработка на информация (ос х от фиг. III.4). Всяко едно от тези измерения е двуполусно и по този начин четирите стила могат да бъдат представени чрез двумерна координатна система.

3.2. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА СЪСТАВЯНЕ НА УЧЕБЕН КУРС

Съставянето и управлението на учебен курс трябва да следва ТКМ. Основно тези дейности са свързани с МА и съответно със проектирането на ПГ, описанието му и правилата за обхождане. Главните изисквания, които трябва да бъдат спазени, са следните:

- трябва ПГ да представя адаптивен учебен курс, т.е. необходимо е РП в него да са съобразени така, че да има подходящ път за всеки един обучаем независимо от неговия модел;
- задача на учителя е да проектира ПГ по начин, даващ възможност на обучаемия да премине по даден РП по очаквания начин, т.е. без цикли във възлите и с тест в изходния възел;

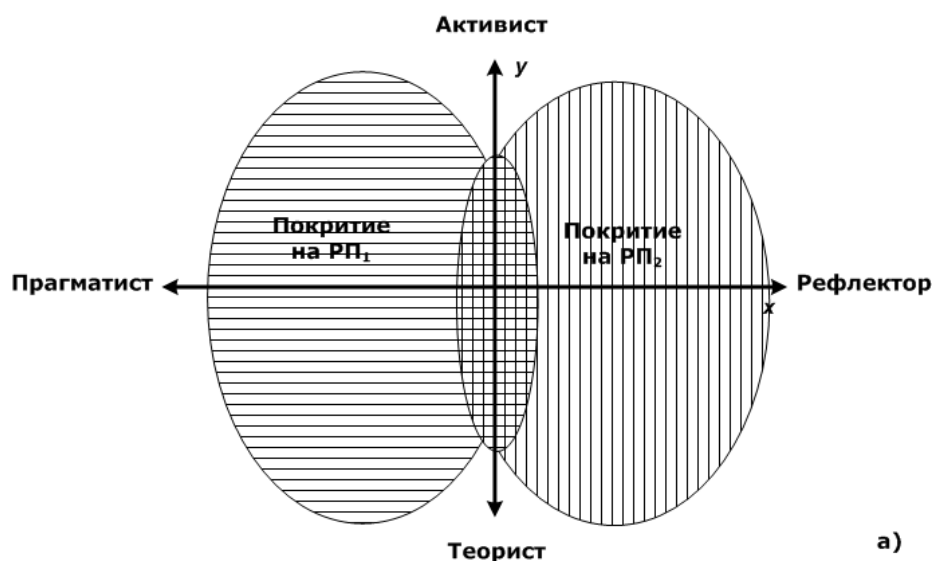
- настройките за управление на МУА трябва да бъдат направени в зависимост от педагогическата стратегия, която учителят използва за създавания от него адаптивен курс;
- анотациите между два върха в ПГ е добре да дават достатъчно подробна информация на обучаемия, така че той да може да прецени в кой случай е по-подходящо да продължи по друг РП, различен от този препоръчан от МУА.

3.2.1. Проектиране на ПГ на адаптивен учебен курс

При проектиране и конструиране на ПГ, учителят трябва да вземе в предвид от една страна МО и от друга - модела на предметната област. Негово задължение е да избере, групира и разпредели учебните обекти съгласно текущите знания, възможности и учебен стил на обучаемия.

В настоящия дисертационен труд под стил на обучение се разбира семейството от стилове на обучение на Honey и Mumford, като разсъжденията за останалите модели от стилове на обучение са аналогични.

В началото на курса учителят няма информация за възможностите на обучаемия и следователно трябва да се ръководи единствено от учебните стилове. За тази цел е необходимо ПГ да има няколко начални върха (повествователни страници) или да се започне от един даващ базова информация, който впоследствие се разклонява. За да може да покрие четирите стила на обучение на Honey и Mumford, ПГ трябва да има поне два РП, в които педагогическата стратегия е насочена основно към два от полюсите на оста x или оста y и са включени елементи от другата ос (фиг. III.5a). Например, поне един РП да бъде проектиран за активист и един РП за теоретик и двата с включени елементи за прагматик и рефлексор.



Фиг. III.1a: Разпределение на покритието на РП върху четирите стила на обучение на Honey и Mumford по оста y

След дефинирането на първа КТ адаптацията на учебното съдържание може да се допълни както по стилове на учене, така и по ниво на придобити знания. За тази цел повествователните страници могат да бъдат съставени от различни по трудност учебни обекти.

Учителят трябва да състави валиден ПГ, като под това се разбира следното:

- да не допуска да има цикли в ПГ като показаните на фиг. III.6;
- всеки РП да завършва с КТ.

3.2.2. Настройки за управление на МУА

Адаптацията на учебно съдържание се поддържа от ТКМ на две нива:

- адаптивна навигация – на това ниво обучаемият е направляван в ПГ съгласно неговия профил и наличните педагогически стратегии;
- адаптивен избор на съдържание – тук на базата на показаните резултати от тестовете в КТ на обучаемия се представя подходящото съдържание.

За тези две нива на адаптация настройките могат да бъдат направени по време на създаването на учебно съдържание и курс или по-късно по време на учебния процес.

3.3. ВИДОВЕ РОЛИ И РАБОТНИ ПРОЦЕСИ

3.3.1. Видове роли в адаптивна система за обучение базирана на ТКМ

Основните участници (роли) в процеса по изграждането на адаптивен курс и доставянето му до обучаемите, съгласно предложената методология и ТКМ, са:

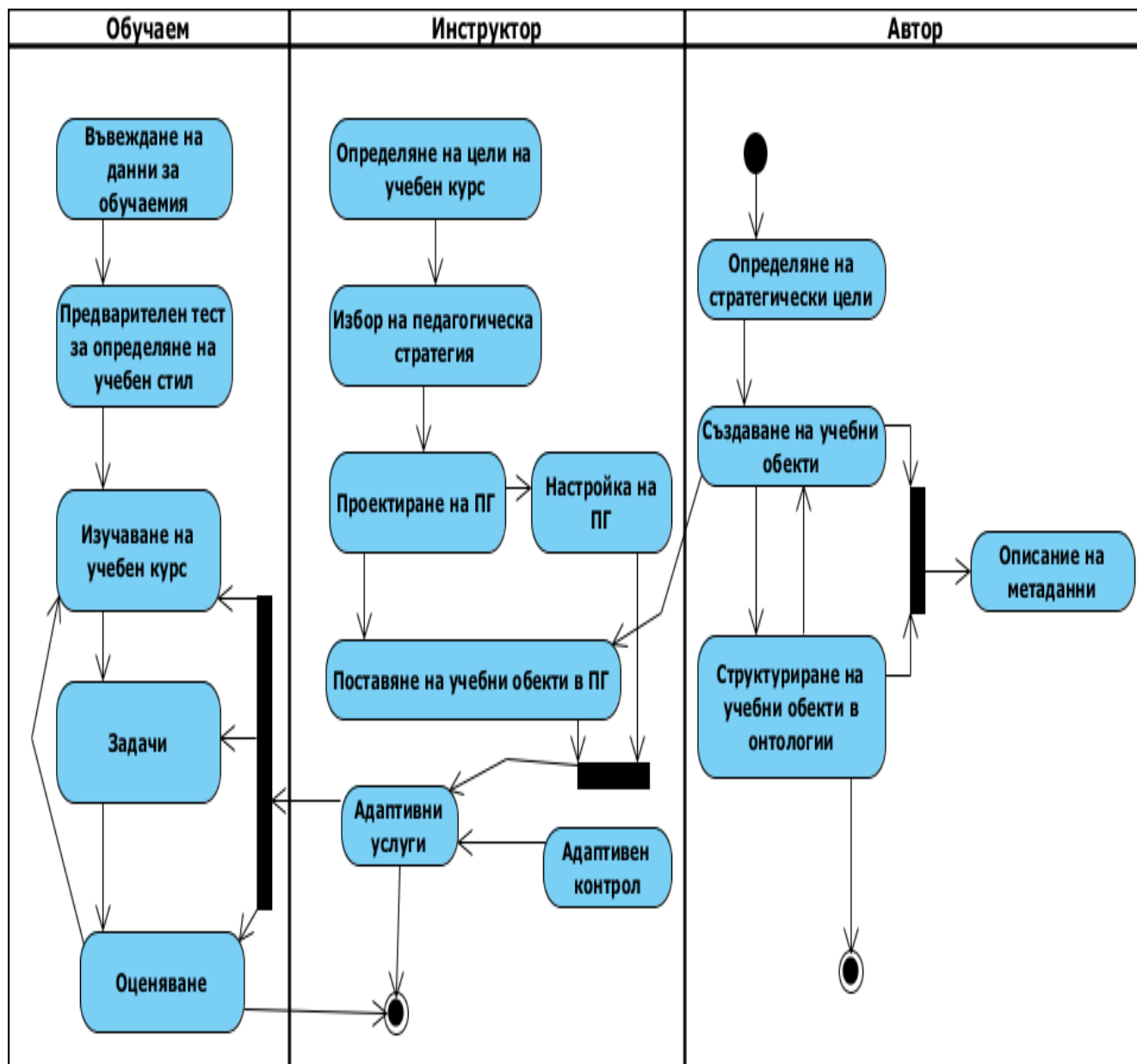
- *инструктор (обучител)* – проектира учебен курс чрез повествователен граф, описващ различни педагогически стратегии, подходящи за различните профили на обучаемите. За всеки един граф задава правила за обхождането му. Използва създадените от автора учебни материали и ги разпределя по повествователни страници, в зависимост от инструкционния му сценарий. Друга важна задача е да наблюдава учебния процес и в зависимост от резултатите да прави необходимите корекции;
- *автор на учебно съдържание* – грижи се за създаването, групирането и описанието на метаданните на учебните материали (обекти);
- *обучаем* – следва полученото от МУА съдържание на учебен курс и решава тестове в КТ. Преди започване на неговия първи курс, трябва да попълни (реши) тест за определяне на учебен стил. При разклоняване на следвания от него РП в даден курс може да продължи по свой избор по друг такъв, независимо от препоръките на МУА. След това обучаемият може или да се върне към стария РП, или да продължи по друг път.
- *администратор* – осъществява контрол на правата на всички видове участници и на достъпа до учебните курсове

3.3.2. Основни работни процеси на адаптивна система за обучение базирана на ТКМ

Работният поток от процеси по създаването и доставката на адаптивен учебен курс разширява този за неадаптивен такъв, като добавя нови процеси, свързани с МО. На фиг. III.17 този работен поток е показан, чрез UML диаграма на дейностите. На нея се виждат описаните в методологията основни етапи от създаването на адаптивен курс и тяхната последователност.

Първо се създава учебно съдържание от автора. След това то се използва от инструктора и накрая се доставя до обучаемия. Допълнително инструкторът следи как протича адаптивният процес и прави съответните анализи, заключения и редакции, подпомагащи неговото усъвършенстване.

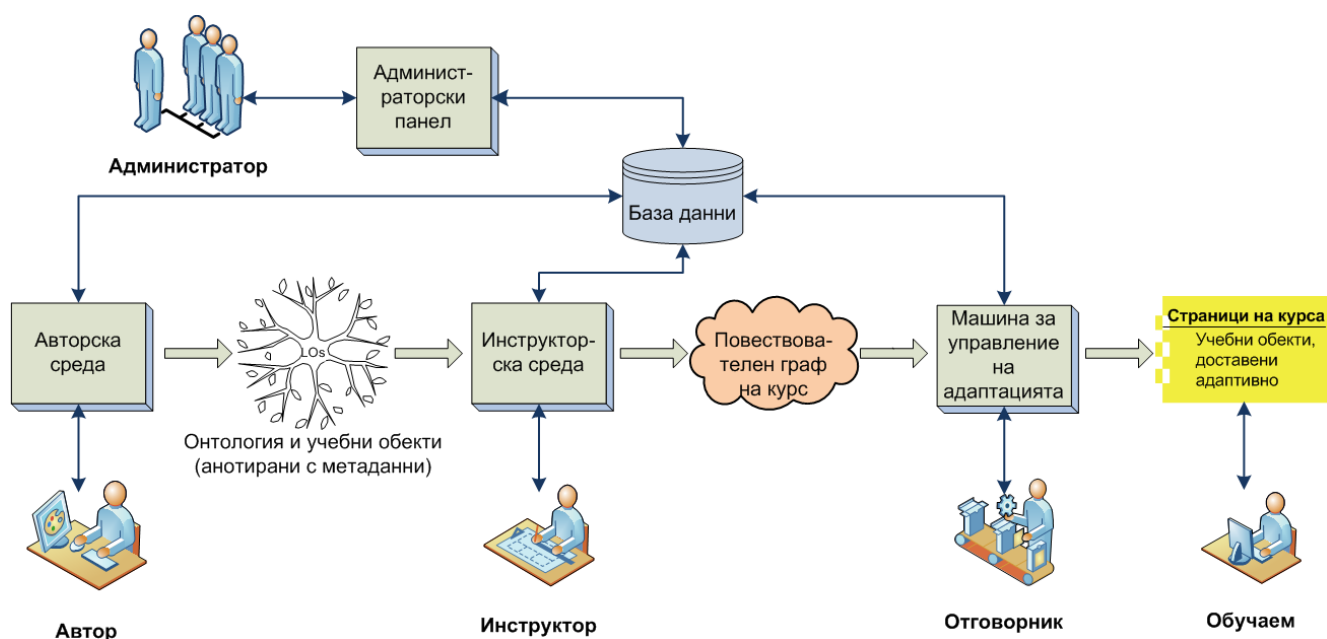
Както се вижда от фигура III. 17, трите основни потока от дейности (на инструктора, автора и обучаемия) се съпоставят на трите основни подмодела на ТКМ. Изхождайки от това и от разпределението на основните участници, системата за доставка на адаптивно съдържание, базирана на ТКМ, може да бъде разработена модулно, т.е. всеки от участниците ѝ да ползва отделен независим модул. По този начин всяка промяна в някой от подмоделите на ТКМ ще се отрази на съответстващия му модул и възможно най-малко на останалите. Така може да се дефинират следните няколко основни модула:



Фиг. III. 17: UML диаграма на дейностите на процеса по създаване на адаптивен учебен курс

- авторски модул – служи за създаване на учебно съдържание и неговото описание, чрез метаданни. Използва се единствено от автора, който в повечето случаи изпълнява ролята и на инструктор;
- инструкторски модул – тук се проектира ПГ на адаптивен учебен курс, задават се адаптивните правила за преход от един възел към друг, теглата на РП и видимостта на учебните обекти. Използва се от инструктора;
- система за управление на адаптацията (т.нар. адаптивна машина) – използва се от отговорника за управлението на даден учебен курс като в почти всички случаи това е инструкторът. Могат да бъдат задавани различни нива на управление на адаптивността или тя да бъде напълно спряна;
- административен модул – използва се от администратора на адаптивната система и се състои от набор от средства за управление на потребители и курсове.

На фиг. III.18 е показана диаграма на общия работен процес за всяка роля и съответстващия ѝ модул.



Фиг. III. 18: Изглед на общия работен поток за проектиране, създаване и управление на адаптивен учебен курс с роли, използващи основните модули на адаптивна платформа за обучение

3.4. ИЗВОДИ

Съгласно даденото описание на методологията за разработка и доставка на адаптивно учебно съдържание, може да бъде разработен адаптивен курс с включени в него различни педагогически стратегии, всяка от които е подходяща за индивидуален обучаем или група от обучаеми в зависимост от показаните знания и стила на обучение. За нейното оценяване е необходимо да се разработи прототип на адаптивна система за проектиране на учебно съдържание и адаптивното му доставяне на обучаемия, а също така и конкретен курс за обучение.

3.5. ПРИНОСИ

Приносите на тази глава могат да бъдат обобщени в три основни точки:

- Предложена е методология за създаване на учебно съдържание и разработване на адаптивен курс със заложените различни педагогически стратегии както и за управление на адаптивен учебен процес съгласно предложението във втора глава нов концептуален модел на АХС. Нейното използване ще повиши ефективността при тези дейности, а оттам и на целия учебен процес.
- Проектирани са процесите за управление на създаване и редактиране на граф на повествованието, като за целта са създадени алгоритми за динамично откриване на работни пътища в рамките на този граф при потребителски действия, водещи до промяна на графа - създаване/изтриване на връзка между два възела и при изтриване на възел в него.
- Основавайки се на предложената методология и на ТКМ са определени и различните видове потребителски роли и основният работен поток от процеси на адаптивна система за разработка и доставка на адаптивен учебен курс. В зависимост от тях е определена модулна архитектура на една такава система и са описани основните функции на съответните модули. Това ще е от полза за проектирането и реализирането на такава платформа.

Глава 4. АРХИТЕКТУРА И РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ

Четвърта глава от дисертационния труд е посветена на практическото създаване на софтуерна платформа за адаптивно електронно обучение под името АДОПТА (ADOPTA - ADaptive technOlogy-enhanced Platform for eduTAinment), базирана на принципния модел и методологията за създаване на адаптивно учебно съдържание, изложени дотук. Платформата АДОПТА се състои от три основни модула: авторска среда за създаване на учебно съдържание, инструкторска среда за създаване на адаптивни курсове и система за управление на адаптацията при доставяне на учебно съдържание.

4.1. ФУНКЦИОНАЛНИ ИЗИСКВАНИЯ

4.1.1. Функционални изисквания към авторската среда

Авторската среда позволява създаване на динамично съдържание на учебните обекти, съпроводено от лесна поддръжка. Процесът на създаване включва въвеждане на учебни обекти, семантична организация на учебните обекти в онтологичен граф, създаване на онтология, въвеждане на метаданни за учебните обекти и онтологиите. Учебното съдържанието може да бъде във формата на текст или графични изображения или аудио и видео ресурси.

За да има достъп до системата за създаване на авторско учебно съдържание, потребителят е длъжен да въведе своето име и парола. Така системата определя неговите права за управление на приложението.

Грануларността на учебните обекти се дефинира от потребител с роля автор, като например един обект може да съдържа текст, графично изображение или комбинация от тях.

Всеки учебен обект има следните задължителни характеристики: име, вид (съгласно описаните в методологията), ниво на сложност и статус.

Основната информация в учебните обекти е съдържанието. То зависи от типа на учебния обект. Съдържанието в учебните обекти може да се преподава и се определя от ресурсите на учебен обект. Видовете ресурси са обикновен текст, форматиран текст и графично изображение, или аудио и видео ресурси. Един учебен обект може да съдържа комбинация от различните видове ресурси. Няма ограничение за броя им и начина на подредба.

Учебните обекти се анотират чрез въвеждането на стойности на метаданни на базата на стандарта LOM. Стандартът LOM съдържа над 80 вида метаданни, въвеждането на всяка от които е отегчаващо. Ето защо има смисъл да се прави подробно описание на метаданните на родителя на онтологията. Останалите учебни обекти, които наследяват родителя – автоматично да наследяват метаданните, като могат да променят произволно поле.

Ако авторът иска да промени метаданните на родителя, то промените се разпростират/наследяват надолу, но само и единствено по семантичните връзки на неговите наследници.

При изтриване на семантична връзка всички наследени метаданни се губят, но предефинираните метаданни се запазват. Ако учебният обект е свързан чрез семантични връзки с други учебни обекти, системата трябва да предостави възможност за избор - кой да бъде родителят на обекта.

Когато един обект (наследник) е свързан семантично с друг обект (родител) и се създава нова семантична връзка между наследника и друг учебен обект, системата трябва да предупреди автора и да предостави възможност за запазване или заместване на първоначалния родител на метаданни с друг родител.

4.1.2. Функционални изисквания към системата за управление на адаптацията

Системата за управление на адаптацията може да се раздели на три основни модула: административен, служещ за конфигуриране на адаптивната система; ядро на адаптивната

система, отговорно за самото доставяне на адаптирано съдържание, и модул за мониторинг, позволяващ проследяване на обучението на всеки студент.

На базата на съответната потребителската автентификация и оторизация се определя до какви ресурси ще има право на достъп съответният потребител.

Функционалните изисквания са възможност за:

- настройване на броя на въпросите, които се показват в контролните точки.
- настройване на избора на следващ път.
- настройка на учебните обекти, които се показват в една страница.
- изчисляване на текущото ниво на обучаемия.
- проверка дали интервалите от настройката на учебните обекти са правилно дефинирани.
- спиране на адаптацията.
- определяне на учебният стил на обучаемия посредством предварителен тест.
- във всяка контролна точка генериране на тест.
- изчисляване на резултатите от теста.
- изчислява се следващата контролна точка и пътя до нея.
- определяне на учебният стил на обучаемия посредством предварителен тест. .
- показване на всяка страница с подходящи учебни обекти в зависимост от нивото на показаните знания на индивидуалния обучаем и стила му на учене.

4.2. НЕФУНКЦИОНАЛНИ ИЗИСКВАНИЯ

Нефункционалните изисквания дефинират свойствата, поведението, услугите и ограниченията на системата.

Сред основните нефункционални изисквания на една съвременна софтуерна система са използваемостта, надеждността, сигурността, разширяемостта и поддръжката [Sommerville, 2004].

Изисквания по отношение на използваемостта са:

- Системата трябва да бъде бърза, достъпна за използване с лесен и интуитивен интерфейс.
- Твърденията и термините в системата трябва да бъдат описани на естествен език. При необходимост е възможно да има описателни диаграми на услугите, които системата доставя, както и на работните ограничения.

Изискванията по отношение на надеждността са следните:

- Приложението трябва да комуникира единствено с уеб услугите, които осигурява достъп до данните на системата. Не е позволена директна връзка към базата данни от потребителския интерфейс.
- Изисквания по отношение на надеждността на данните – трябва да бъдат дефинирани процедури за създаване на базата от данни и за въвеждане на номенклатурни данни.
- Коректност на данните – при въвеждане на данни в системата да не е възможно въвеждането на невалидни или противоречиви данни.

Изисквания по отношение на сигурността следват от факта, че трябва да се минимизира вероятността за неоторизиран достъп чрез създаване на системни и организационни процедури, които да обхващат:

- Използване на пароли за потребителите.
- Дефиниране на роли.
- Ограничаване на достъпа на потребителите на системата в зависимост от ролите.

Изисквания по отношение на разширяемостта са:

- Лесно добавяне на нова функционалност и промяна на съществуваща функционалност с минимални усилия. За постигане на това изискване е необходимо да се изградят отделни слоеве, с ясно разграничаване на функционалността им, така че промяна в един от слоевете да води до минимални промени в другите.

Изисквания по отношение на поддръжката са:

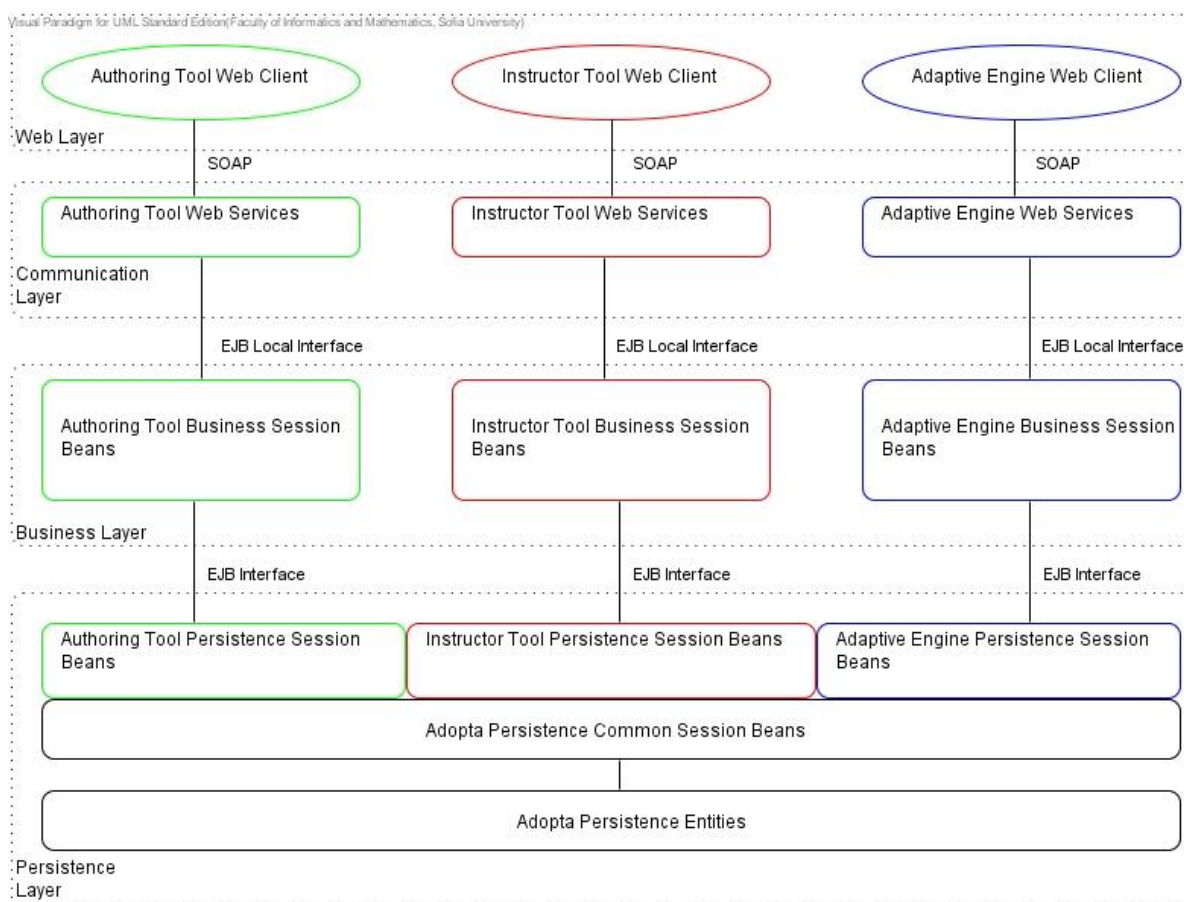
- Системата трябва да е лесна за техническо обслужване – да бъде разработена така, че да може да се модифицира бързо, с цел добавяне или премахване на функционалност, подобряване на бързодействието и коригиране на дефекти.
- Системата трябва да е параметризирана по отношение на основните ѝ характеристики (настройки за връзка с базата данни и др.), с цел лесна настройка от страна на администраторите.

4.3. СОФТУЕРНА АРХИТЕКТУРА НА СИСТЕМАТА АДОПТА

Софтуерната архитектура на платформата АДОПТА е изградена от три основни слоя – уеб клиент, бизнес слой и слой за данни, както е показано на фиг.IV.14. Между бизнес слоя и клиентския слой обаче е обособен друг слой - комуникационен. Поради факта, че не съдържа никаква бизнес логика, той служи единствено за връзка между двата слоя.

Общата база от данни определя и общ слой за данни. По този начин обектите, които се ползват от няколко подсистеми, се използват повторно като част от една обща библиотека. Освен многократната употреба на една и съща логика това позволява и всички промени в този слой да останат прозрачни за останалите.

АДОПТА персистентни семантични единици (*Adopta Persistence Entities* от фиг.IV.14) представляват общи за всички модули Java обекти базирани на JPA (Java Persistence API) спецификацията за персистентни семантични единици [Sun, '07]. Служат за обектно представяне на данните от базата.



Фиг.IV.14: Софтуерна архитектура на АДОПТА

4.4. ИЗВОДИ

Съгласно даденото описание на случаите на употреба, функционалните и нефункционални изисквания, архитектурата и реализацията на адаптивна платформа за разработка и доставка на

адаптивно учебно съдържание АДОПТА, може да бъде разработен конкретен адаптивен курс с включени в него различни педагогически стратегии, всяка от които е подходяща за индивидуален обучаем в зависимост от показаните знания и стила на обучение. Разработването на такъв курс ще подпомогне оценяването от една страна на софтуерната платформа и от друга на ефективността на провеждането на адаптивен учебен процес по описания в настоящия дисертационен труд начин. За тази цел трябва да бъдат разработени различни тестови случаи и анкетни карти за обратна връзка с потребителите на платформата и резултатите да бъдат анализирани. Това ще бъде основна тема на следващата глава.

4.5. ПРИНОСИ

Приносите на тази глава могат да бъдат обобщени в две основни точки:

- Разработена е спецификация на трите модула на адаптивна платформата за създаване и доставка на адаптивно учебно съдържание – авторска среда, инструкторска среда и система за управление на адаптацията. Тази спецификация е в съответствие с предложението във втора глава концептуален модел и предложената методология в трета глава. Разработването ѝ улеснява софтуерната реализацията на една такава платформа.
- Реализирани са програмно три основни модула - авторска среда, инструкторска среда и система за управление на адаптацията, на софтуерна платформа за създаване и доставка на адаптивно учебно съдържание, наречена АДОПТА, съгласно описаната спецификация и в съответствие с ТКМ и предложената в трета глава методология. Така реализираното приложение дава възможност за създаване на учебно съдържание, разработване на адаптивен курс със заложили различни педагогически стратегии и за управление на адаптивен учебен процес. Като се използва АДОПТА, може да бъде анализирано доколко методологията за създаване на учебно съдържание и проектиране на адаптивен курс е успешна и ефективна

Глава 5. ОЦЕНЯВАНЕ НА РЕАЛИЗИРАНАТА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА АДАПТИВНО СЪДЪРЖАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСА НА АДАПТАЦИЯ

Пета глава от дисертационния труд е посветена на тестването и експерименталното оценяване на софтуерната платформа за адаптивно електронно обучение, описана в предишната глава. В тази част са тествани и анализирани програмният код на системата и нейната функционалност и използваемост. За верификация на програмния код са използвани софтуерни тестове и тестови сценарии. С цел да се изследва функционалността на АДОПТА е разработен адаптивен учебен курс и анкетна карта за ефективността на провеждането му. При създаването на курса е използвана описаната в дисертационния труд методология и педагогическите стратегии за изграждане на адаптивен курс за обучение. съдържание. Така разработеният адаптивен курс е използван при обучението на бакалаври от ФМИ при СУ „Св. Климент Охридски”, по предмета „Съвременни маркъп езици (XML)”. Анкетната карта е попълнена от обучаваните студенти и резултатите от нея са анализирани и обобщени.

5.1. КАЧЕСТВЕНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗА ОЦЕНЯВАНЕ

Съществуват няколко стандарта за оценка на качеството на софтуера, които предлагат и модел за такава оценка. Най-използваният от тях е стандартът ISO 9126 [ISO, '01]. Той дефинира модел на качеството на софтуера включващ шест негови характеристики - функционалност, надеждност, използваемост, ефективност, възможност за поддръжка, преносимост. Вземайки предвид от една страна целта за оценка и от друга характеристиките за качество, определени в ISO 9126, то факторите, които са избрани за анализ и наблюдение при тестване на разработената система са функционалност – с акцент върху адаптивното доставяне на учебно съдържание, надеждност, използваемост и ефективност. Тези четири фактора са избрани така, че да покриват първите четири характеристики на ISO 9126. Последните две характеристики на стандарта - възможност за поддръжка и преносимост, не се разглеждат, т.к. архитектурата на системата е модулна и предполага лесна поддръжка и инсталация. Използването на Java EE я прави преносима върху различни операционни системи и сървърни платформи.

От избраните качествени характеристики надеждност, използваемост и ефективност не са пряко свързани с функционалността и могат да бъдат класифицирани като нефункционални. Като функционалност на системата ще бъде изследвано от една страна дали са налични всички функции, дефинирани в спецификацията, и от друга - удовлетвореността на обучаемия от участието му в обучение с адаптивен курс. Средствата, използвани за оценяване, са тестови единици, функционални тестови сценарии за физическо тестване и анкета.

5.2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ТЕСТВАНЕ НА АДОПТА

5.2.1. Софтуерни тестове и тестови сценарии

Експерименталното тестване на АДОПТА има за цел да установи доколко реализираната система съответства на описанието във функционалната спецификация. Използвани са три подхода за оценка – софтуерни тестове, тестови сценарии и анкетна карта. Софтуерните тестове са дефинирани за авторската и инструкторската среда, както и за машината за управление на адапцията.

Поради това, че методът на тестовите единици тества само функционалността единствено на самите единици в изолация от останалия код, то не може да се очаква с него да се открият интеграционни или системни грешки. Такива грешки могат да възникнат при изпълнение на функционалност, реализирана от няколко единици или да бъдат нефункционални като например забавяне на отговора от сървъра или интерфейсни неточности. С цел да бъдат

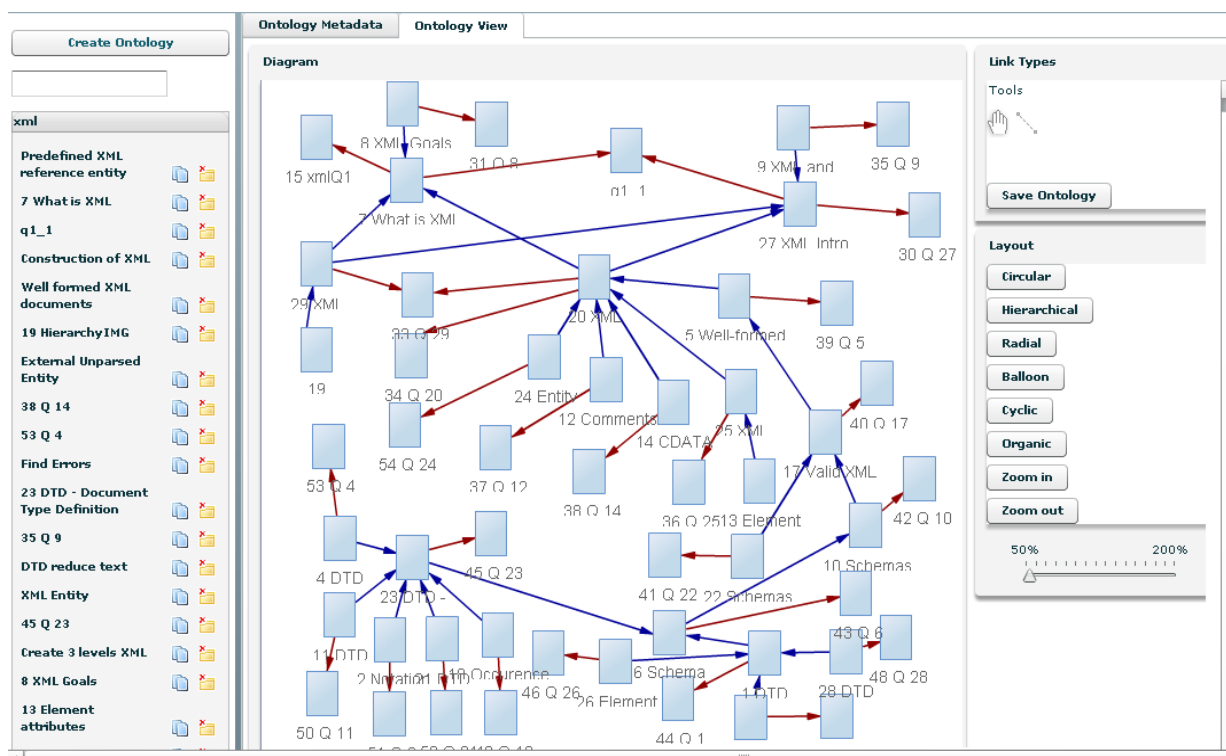
открити и отстранени подобни грешки, както и да бъде тествано клиентското приложение, са създадени тестови сценарии за четирите модула.

Анкетата служи за оценка на функционалността на платформата, но освен това и за оценяване от обучаемите на:

- параметри като използваемост (т.е. съществува ли необходимият интерфейс за лесна и удобна работа на потребителя със системата), стабилност (обработват ли се евентуално възникнали изключения) и бърздействие (има ли забавяне на изпълнение на заявките)
- ефикасността на адаптивния учебен процес.

5.2.2. Разработване на адаптивен учебен курс

Освен софтуерните тестове, за оценяването на софтуерната платформа от гледна точка на провеждането на адаптивен учебен процес по описания в настоящия дисертационен труд начин е важно да бъде създаден и конкретен адаптивен курс. Съгласно описаната в трета глава методология този курс трябва да включва педагогически стратегии, които са подходящи за различните обучаеми в зависимост от показаните от тях знания и техния стил на учене. Разработването на такъв адаптивен курс се състои от два етапа – създаване на учебно съдържание и проектиране на повествователен граф (ПГ) на курса. В тази част са описани тези два етапа от създаването на модули от адаптивен курс в областта на XML технологиите, както и сценарий за провеждането му.

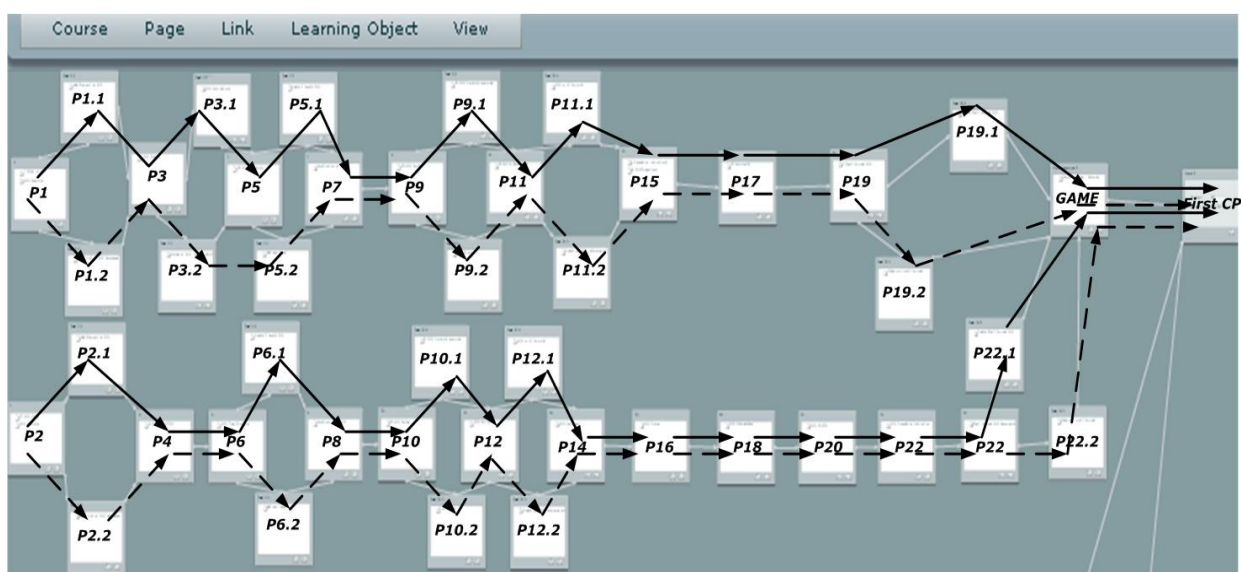


Фиг. V.2: Изглед на създадената онтология в авторската среда

Учебното съдържание за адаптивния курс по XML е разработено в съответствие с описаната методология в трета глава. Съгласно нея е създаден онтологичен граф с името на курса и към него са добавени учебни обекти, представящи съдържанието на курса. Обектите от тип *повествователно съдържание* представят учебно съдържание под формата на текст, видео, аудио, графични материали и референции към други учебни обекти. Всяко следващо ниво се състои от учебни обекти, които съдържат по-специфична информация от тези на предишното ниво и за усвояването на които е необходимо да се познават учебните обекти от по-горното ниво (фиг. V.2). Друг принцип, който се следва за това съдържание е, че учебните материали трябва да са подходящи за стиловете на учене - активист и теоретик (както в случая с

определението на XML – дефинирано е подходящо такова и за активист и за теоретик). За да има равномерно разпределение на учебните обекти за всеки от четирите стила на учене са добавени и такива от тип *задача*, *тема за писане на есе* и *игра*, които са с подходящи за стиловете на учене прагматик и рефлексор. Включените в онтологията XML елементи от тип *задача* и *тема за писане на есе* са общо 21. Допълнително са прибавени и два учебни обекта от тип *игра*, които са реализирани като добре познатите игри анаграма и бесеница с учебно съдържание от онтологията на курса. Други учебни обекти, които са свързани с референтна връзка от тип *has_a* с обектите от тип *повествователно съдържание*, са тези от тип *тестов въпрос*. Те са общо 30 и са създадени с цел да се проверят знанията на обучаемите за съответния/съответните обект/обекти, към който/които те са свързани.

Инструкционният сценарий на разработения адаптивен курс е в съответствие с описаната в трета глава методология за съставяне на учебен курс. Той има две основни линии и работни пътища (РП), които ги следват. Учебното съдържание в една от тези линии е проектирано за теоретици, а в другата за противоположния стил на учене, т.е. активисти. Така онези студенти, които имат по-висока стойност за активист в сравнение с тази за теоретик ще бъдат насочвани от адаптивната машина към РП, проектиран за този стил на учене. На фиг. V.4 е показан ПГ на курса до първа контролна точка (КТ). За всеки от показаните два основни РП се получават две множества от вътрешни РП, като едното от тях съдържа всички РП с подходящо съдържание за активисти-прагматици или теоретици-прагматици (отбелязани на фиг. V.4 с непрекъснатата линия), а другото - всички РП за активисти-рефлексори или теоретици-рефлексори (отбелязани на фиг. V.4 с прекъснатата линия). Целта е да се добавят учебни обекти към основните множества от РП (съответно за активист и теоретик), проектирани за прагматик и рефлексор. Следователно при някои от преходите в ПГ от една учебна страница към друга, студентите, в зависимост от полиморфичния си стил на учене, ще преминат през учебни обекти (напр. от тип *задача*), подготвени или за прагматик, или за рефлексор.



Фиг. V.4: Изглед на ПГ, създаден в инструкторската среда, до първа КТ

Разработеният адаптивен курс по XML е използван за обучението на бакалаври от специалност „Софтуерно инженерство”, във ФМИ при СУ. Сценарият за провеждането на този курс включва следните стъпки: регистрация (ако не е налична), попълване на тест за определяне стила на учене (не е задължително ако вече е направен), записване за курс, разглеждане на съдържанието на курса и проверка на придобитите знания в края на всеки модул от страници. Накрая, последната стъпка се състои в попълване на анкетна карта, която е извън цикъла на обучение и задачата ѝ е да се съберат резултатите от направения практически тест на системата и създаденото адаптивно съдържание.

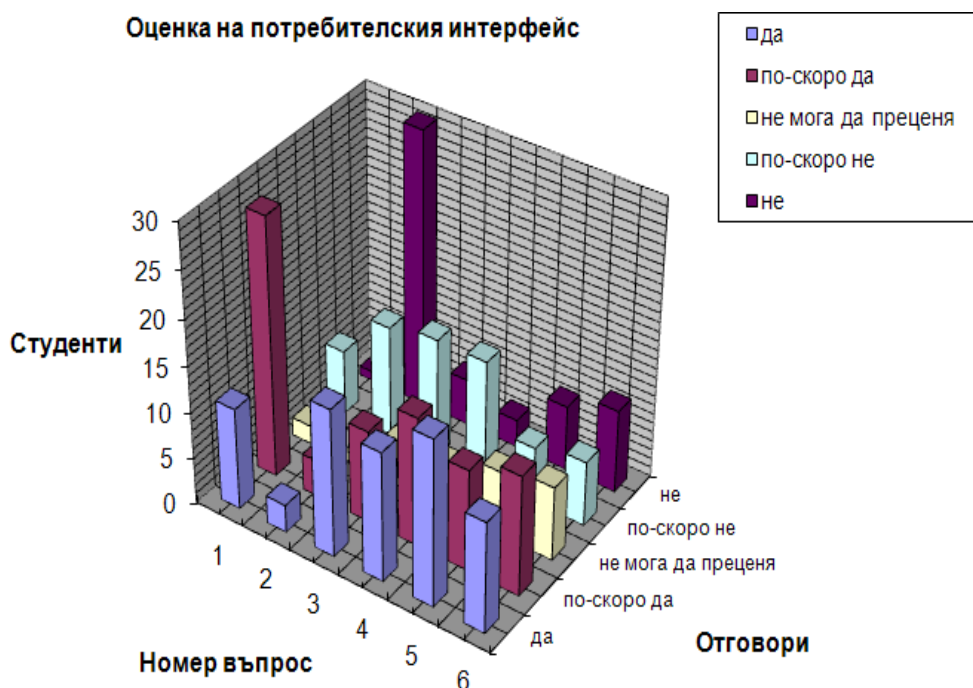
5.3. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Посредством анкетната карта е оценена от една страна ефективността на техническите показатели на адаптивната платформа като интерфейс, стабилност, скалируемост, а от друга - ефективността на обучението с адаптивен курс, т.е. удовлетвореността на обучаемите от предоставеното учебно съдържание, тестови въпроси и упражнения/задачи. Въпросите и препоръките са групирани в няколко групи. По-голяма част от тях са с отговори от тип „един от много” и за отговорите им е използвана пет степенната скала на Likert [Dawes, '08] (1=не, 2=по-скоро не, 3= не мога да преценя, 4=по-скоро да, 5=да). Използвани са и въпроси от тип „много от много”, като поради тяхното естество тази скала не е подходяща. Препоръките в анкетата са представени като отворен тип въпроси (от тип есе).

Анализирани са получените резултати, постигнати от участниците в обучението с разработения адаптивен курс, както и техните отговори от въпросите в анкетата. Тези резултати са анализирани от следните гледни точки:

- адаптивност – два са основните въпроси, свързани с този аспект. Първият е доставя ли системата създаденото от автора учебно съдържание в последователността, проектирана от инструктора. Вторият въпрос е подходящи ли са представените на обучаемия учебни обекти спрямо неговия стил на учене.
- надежност и скалируемост на прототипа – има ли забавяне на приложението при изпълнение на заявките и появяват ли се технически съобщения за грешка.
- използваемост на прототипа – целта е да се оцени дали прототипът предоставя на обучаемите интуитивен и лесен за работа интерфейс, в който те бързо могат да се ориентират.
- степен на усвояване на учебното съдържание – важно е от една страна, да се установи каква е степента на усвояване на учебния материал на студентите обучавани с адаптивен курс в сравнение с тези обучавани с неадаптивен и от друга, в каква степен обучаемите са удовлетворени от посетените от тях страници с учебни материали.

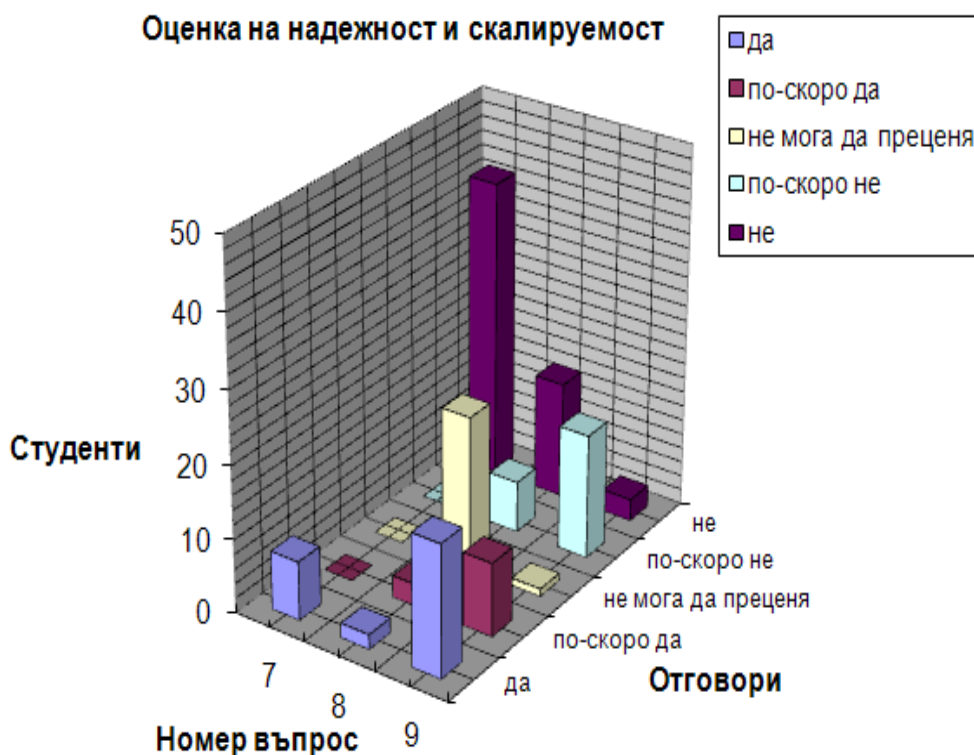
Първата група въпроси от анкетата е свързана с оценка на потребителския интерфейс на софтуерния прототип (фиг. V.14).



Фиг. V.14: Резултати от оценката на потребителския интерфейс на софтуерния прототип

Най-големи отклонения имат първите два въпроса. Въпрос номер 1 оценява удовлетвореността на обучаемите от интерфейса и отклонението е в положителна посока. Въпрос номер 2 е свързан с необходимостта от допълнителна помощ при работата със системата, т.е. той е зададен негативно и отклонението му е в отрицателна посока. Отговорите на останалите въпроси от тази група са относително равномерно разпределени с подчертан прѳевес в положителна посока.

Втората група въпроси оценява надежността и скалируемостта на адаптивната платформа (фиг. V.16). Най-голямо отклонение в отрицателна посока има в отговорите на въпрос номер 7 и въпрос номер 8. Причината е, че те са зададени негативно. Последният въпрос от тази група е свързан с бързодействието на системата и прѳевес имат положителните отговори.

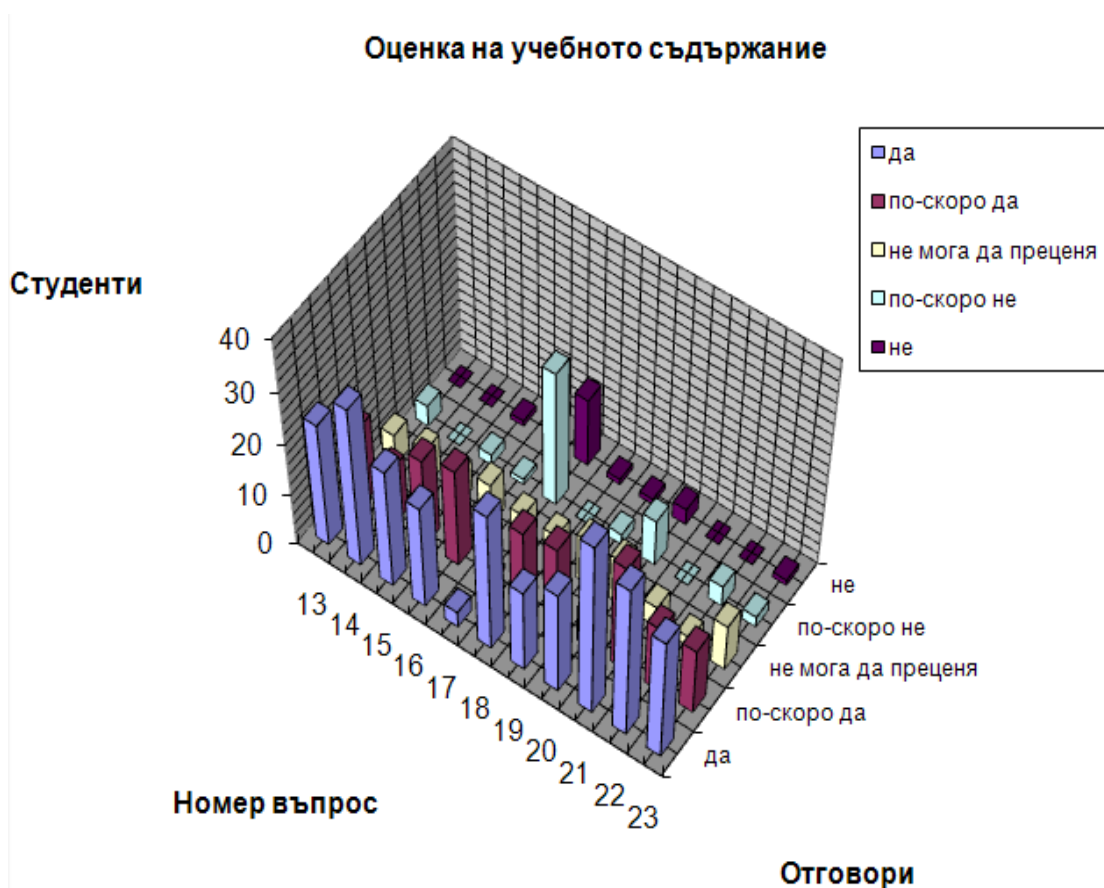


Фиг. V. 16: Оценка на надежност и скалируемост на софтуерния прототип

Групата въпроси с номера от 13 до 24 оценява разработеното учебно съдържание, структурирането на курса и удовлетвореността на обучаемите от проведеното обучение. Резултатите от отговорите на тези въпроси са представени на фиг. V.17 и отклонението е строго положително като изключение прави само въпрос номер 17, който е зададен негативно.

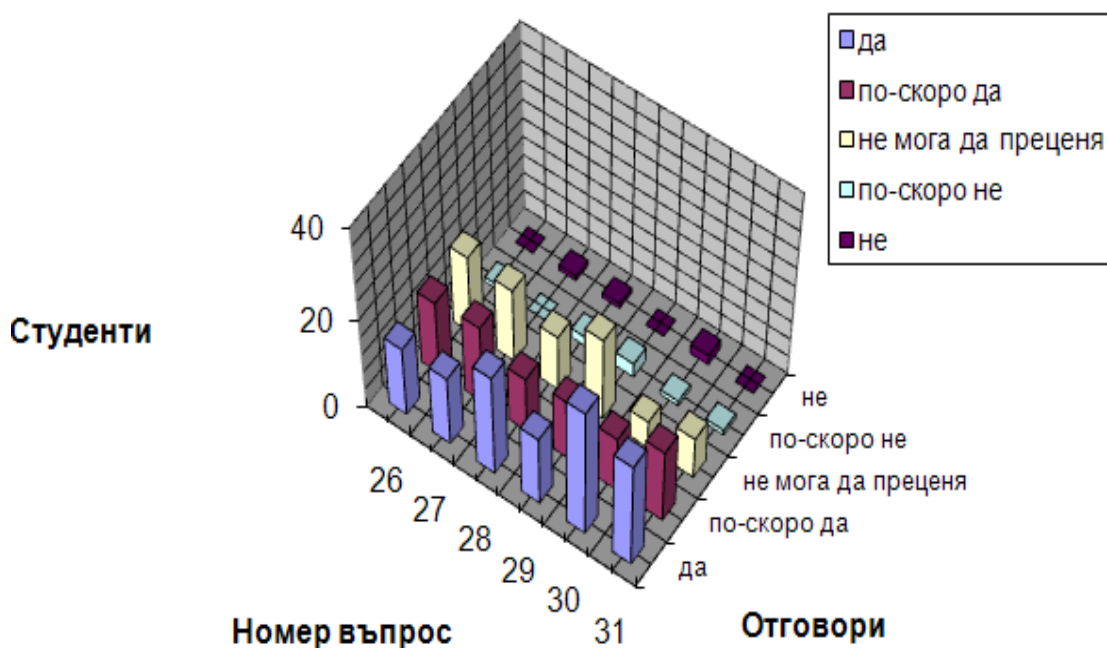
Последната група от въпроси оценява съответствието между представените учебни обекти и съответния стил на учене (въпрос 26 и въпрос 27), предпочитанията към адаптивна система за обучение в сравнение с неадаптивна такава (въпрос 28) и ефективността и удовлетвореността на студентите от процеса на обучение с адаптивна платформа (въпроси номер 29, 30 и 31). Резултатите от отговорите на тази група въпроси са представени на фиг. V.18. От нея се вижда, че отговорите са в положителна насока.

На фиг. V.18 не е отразен въпрос номер 25, т.к. той е от тип „много от много”. Резултатите от този въпрос са представени на фиг. V.19 и могат да бъдат полезни както и да бъдат взети под внимание при създаване на учебни обекти и проектиране на курс, при това не само на адаптивен.



Фиг. V.17: Оценка на учебното съдържание разработено в софтуерния прототип

Оценка на адаптивността към стила на учене



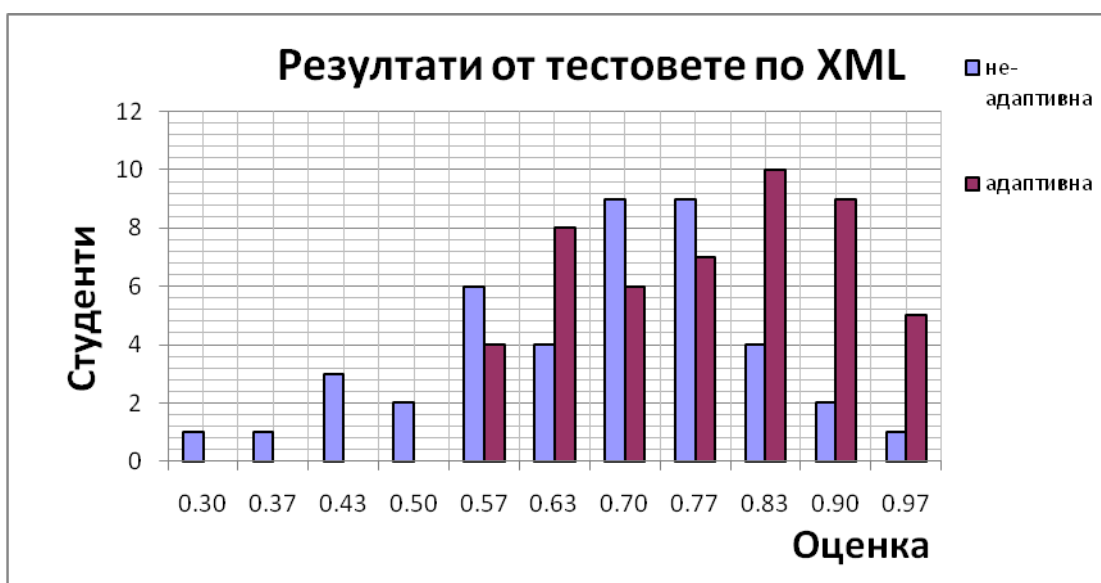
Фиг. V.18: Оценка на адаптивността към стила на учене

Отчетени са резултатите от тестовете, направени от студентите в двата курса. В оценяването с неадаптивния курс са участвали 42^{-ма} студенти, а с адаптивния - 49. Студентите от двете групи

са преминали през едни и същи модули на обучение – два на брой и след всеки от тях са оценени с тест. Взети са средните стойности на оценките им в проценти. Резултатите от тях са показани на фиг. V.20, като графиката отбелязана с непрекъсната линия е от оценките в неадаптивната система, а с прекъсната - от оценките за адаптивния курс с използване на разработения прототип. Налице е ясно очертано изместване на графиката на оценките за адаптивния курс към по-високи нива. Това е практическо доказателство, че адаптивният курс се характеризира с по-висока ефективност на обучението в сравнение с тази на неадаптивния. Обстоятелството, че най-ниската оценка от разработения адаптивен курс е 57% се дължи на факта, че в този курс е дефиниран праг за преминаване на КТ като резултат от теста по-голям или равен на 57%. Когато този праг не се достигне, студентът се връща в началото на модула.



Фиг. V.19: Оценка на предпочитани учебни обекти от обучаемите



Фиг. V.20: Резултати от тестовете на студенти обучавани с неадаптивна система и със софтуерния прототип

От фигурата по-горе се вижда, че групата студенти обучавани с адаптивния курс са постигнали по-добри резултати, т.к. средният им резултат (0.778912) е по-висок (на другата група

е 0.671429), а също и графиката на оценките от тестовете е изместена по-вдясно в сравнение с тази на другата група студенти. От тези резултати може да се заключи, че обучението с разработения адаптивен курс в софтуерния прототип е по-ефективно.

5.4. ИЗВОДИ

В резултат на направените тестове и получените резултати от анкетните въпроси могат да бъдат направени следните изводи:

- Реализираната платформа за адаптивно обучение отговаря на зададените функционални и нефункционални изисквания, дефинирани в четвърта глава;
- Създаденият адаптивен курс е успешно използван за обучение, обучаваните с него са удовлетворени от предоставените им учебни материали и е спомогнал за повишаването на знанията им в съответната предметна област;
- Адаптивният курс и учебното съдържание, създадени чрез методологията описана в трета глава, са проектирани по подходящ начин за всеки полиморфичен стил на учене от фамилията на Honey и Mumford;

Машината за управление на адаптация доставя учебно съдържание според настройките, зададени в инструкторската среда и дефинираните правила за адаптация.

5.5. ПРИНОСИ

Приносите на тази глава могат да бъдат обобщени в три основни точки:

1. Проведено е тестване на платформата, чрез тестови единици и тестови сценарии. С първите е установено, че методите на съответните класове работят по очаквания начин. С тестовите сценарии е проверено взаимодействието между клиентското и сървърното приложение, дали заложената в спецификацията функционалност е налице и бързодействието на прототипа.
2. Създадено е учебно съдържание и е проектиран адаптивен курс съгласно описаната в трета глава методология. В този курс са заложени различни педагогически стратегии насочени към фамилията от стилове на учене на Honey и Mumford.
3. Разработена е анкетна карта за оценка на адаптивността на доставката на учебно съдържание, на използваемостта, скалируемостта и бързодействието на машината за управление на адаптация и на ефективността на разработения адаптивен курс. Резултатите от отговорите на въпросите са анализирани и обобщени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Възможността за адаптивно доставяне на учебно съдържание в системите за електронно обучение е едно от важните условия за подобряване на неговото качество. Това е причина областта на адаптивното електронно обучение да бъде актуална и значима.

Основните цели, поставени и решени в настоящата дисертация, са свързани именно с тази област и са следните:

- Проучване на състоянието на областта – за целта са разгледани различните видове АСЕО. Направен е преглед на използваните стандарти за АСЕО и на съществуващите технологични решения за управление на адаптивността. Накрая са изследвани и анализирани съществуващите реализации на АСЕО;
- Разработване на концептуален модел на АСЕО - предложен е модел, който усъвършенства модела АНАМ като добавя стил на учене, онтологична структура на учебните дейности, метаданни за тях и адаптивните правила. Този модел има ясно дефинирано разделяне на педагогическата стратегия от учебното съдържание и, от трета страна, на машината за управление на адаптивно доставяне на съдържание. За него е представено формално описание на основните правила за адаптивно доставяне на учебни материали;
- Създаване на методология за доставяне и управление на адаптивно съдържание, следваща предложения модел – тази методология е за проектиране и доставяне на адаптивен курс, в който може да бъдат включени различни педагогически стратегии, всяка от които е подходяща за индивидуален обучаем или група от обучаеми в зависимост от показаните знания и стила на обучение;
- Проектиране на архитектура и реализация на прототип на платформа за адаптивно електронно обучение, базирана на разработения модел – базирани са на дефинирания концептуален модел и методология за създаване на адаптивно учебно съдържание. Така реализираната платформа (наречена АДОПТА) се състои от три основни модула: авторска среда за създаване на учебно съдържание, инструкторска среда за създаване на адаптивни курсове, и система за управление на адаптацията при доставяне на учебно съдържание. Тази система дава възможност за създаване на учебно съдържание, разработване на адаптивен курс със заложените различни педагогически стратегии и за управление на адаптивен учебен процес;
- Експериментално оценяване на разработения прототип и анализ на резултатите – има за цел да анализира доколко предложеният концептуален модел и съгласуваната с него методология са успешни и ефективни, както и да оцени разработената система. С оглед на поставената цел са разработени тестови единици и сценарии, проверяващи коректността и функционалността на прототипа. Съгласно описаната методология е създадено учебно съдържание и адаптивен курс, с който е проведено обучение. Обучаемите са попълнили анкетна карта, оценяваща освен наблюдаваните качествени характеристики на прототипа и ефективността на адаптивния курс и съдържание.

Като краен резултат от дисертационния труд може да се заключи, че поставените в началото му цели са изпълнени.

Приноси

Въз основа на постигнатите при изследването резултати, основните научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд могат да се обобщят по следния начин:

- **Научни и научно-приложни приноси:**
 1. Предложен е нов концептуален модел на АСЕО, който има ясно дефинирано разделяне на педагогическа стратегия, учебното съдържание и машината за управление на адаптивно съдържание. Той поддържа стил на учене, междинно

оценяване на знанията на обучаемия, цели и предпочитания. Представено е формално описание на новия концептуален модел, дефиниращо основните адаптивни процеси и правила за доставка на адаптивно съдържание, с цел полесна и нагледна реализация на машината за управление на адаптацията и сравнение с други подобни адаптивни системи.

2. Предложена е методология за създаване на учебно съдържание, разработване на адаптивен курс със заложените различни педагогически стратегии и за управление на адаптивен учебен процес съгласно предложения нов концептуален модел на АСЕО.

- **Приложни приноси:**

1. Проектирани са процесите за управление на създаване и редактиране на граф на повествованието, като за целта са създадени алгоритми за динамично откриване на работни пътища в рамките на този граф при потребителски действия, водещи до промяна на графа.
2. Разработена е спецификация на всеки от трите модула (авторска среда, инструкторска среда и система за управление на адаптацията) на адаптивна платформата за създаване и доставка на учебно съдържание, адаптирано към стила на учене и знанията на обучаемия.
3. Трите модула са реализирани програмно, съгласно описаната спецификация, в съответствие с концептуалния модел на АСЕО и предложената методология.
4. Извършен е практически експеримент с цел от една страна проверка на съответствието между дефинираната спецификация на АСЕО и реализирания прототип и от друга – опитно оценяване на програмната система чрез разработване на учебно съдържание и адаптивен курс, който го използва. Въз основа на експериментално получените резултати е дадена положителна оценка на ефективността на предложената методология и на използването на адаптивния курс за обучение.

Публикации

Резултатите от дисертацията са публикувани са в две списания в чужбина и в шест сборника от международни научни конференции.

Публикации в научни списания

1. **Vassileva D.**, Bontchev B.: Management of storyboard graphs for adaptive courseware construction, in WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS, ISSN: 1790-0832, Issue 3, Volume 7, March 2010, pp.321-330.
2. **Vassileva D.**, B. Bontchev, Sl. Grigorov.: MASTERING ADAPTIVE HYPERMEDIA COURSEWARE, in Acta Electrotechnica et Informatica, ISSN: 1335-8243, Vol. 9, No. 1, 2009, pp. 57–62.

Публикации в сборници от научни конференции

3. **Vassileva D.**: Storyboard Design for Adaptive E-learning Based on Learning Styles, Proc. of Second International Conference S3T, September 11-12, 2010, Varna, Bulgaria , 2010, ISBN 978-954-9526-71-4, pp. 22-29.
4. **Vassileva D.**, Bontchev B., Chavkova B., Mitev V.: Software Construction of an Authoring Tool for Adaptive E-learning Platform, Proc. of 4th Balkan Conference in Informatics (BCI'2009), 17 - 19, September, 2009, Thessaloniki, Greece, ISBN: 978-0-7695-3783-2, pp. 187 – 192.
5. Bontchev B., **Vassileva D.**, Chavkova B., Mitev V.: Architectural Design of a Software Engine for Adaptation Control for the ADOPTA E-learning Platform, Proc. of International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech' 09), 18 - 19, June, 2009, Ruse, Bulgaria, Vol. II.11, ACMBUL, ISSN: 1313-8936, pp.1-6 (best paper award).

6. Bontchev B., **Vassileva D.**: Courseware Authoring for Adaptive E-learning, IEEE Proc. of International Conference on Education Technology and Computer (ICETC 2009), 17 - 20, April, 2009, Singapore, Published by IEEE Computer Society Press, Vol. 16, ISBN: 978-0-7695-3609-5, pp. 176 – 180.
7. **Vassileva D.**: Adaptive control over e-content delivery, Proc. of 5th International TENCompetence Open Workshop "Stimulating Personal Development and Knowledge Sharing", ed. R. Koper, K. Stefanov and D. Dicheva, Sofia, Bulgaria, 30-31 October 2008, ISBN: 978-954-92146-5-9, pp. 89-94.
8. **Vassileva D.**, Bontchev, B.: Self-adaptive hypermedia navigation based on learner model characteristics, Proc. of IADAT-e2006 Int. Conf. on Education, Barcelona, Spain, July 2006, ISBN: 84-933971-9-9, pp. 46-52.

Апробации

Резултатите от работата са докладвани на множество научни форуми като докторантски семинари, конференции, и симпозиуми, част от които са пролетната научна сесия на СУ „Св. Климент Охридски” през 2008 г., 3 пъти на докторантски семинар към Факултета по математика и информатика към СУ „Св. Кл. Охридски” – 2005 г., 2006 г., 2008 г., международното събитие „Международен ден на предприемача” – 2008 г., и семинар на тема "Industry meets Research" на международната конференция ICL – 2005 г.

Програмният код от работата е публикуван в Интернет и заедно с останалите постигнати резултати е отчетен като научно-технологични постижения към проектите:

- *SISTER* по дог. No 205030 финансиран от програма FP7-SP4 на Европейския съюз в периода 2008 – 2011 г.
- *ADOPTA* по дог. No D002/155 финансиран от ФНИ към MOMH в периода 2009-2011 г.
- *Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по информационни технологии за обработка и управление на знания* по дог. No BG051PO001/07/3.3-02/7, финансиран от MOMH в периода 2009-2010 г.

Авторска справка

Резултатите от дисертационния труд по глави са публикувани както следва:

1. Статия номер 1 в международно списание WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE and APPLICATIONS, в съавторство с научния ръководител - и като първи съавтор е докторантката. Публикувани са резултатите от точка III.2.3.
2. Статия номер 2 в международно списание Acta Electrotechnica et Informatica, в съавторство с научния ръководител - и като първи съавтор е докторантката. Публикувани са резултатите от точка IV.3, IV.4
3. Статия номер 3 в международна конференция Second International Conference S3T – във Варна, България - самостоятелна статия на докторантката. Публикувани са резултатите от точка III.1, III.2, III.3
4. Статия номер 4 в международна конференция 4th Balkan Conference in Informatics – в Солун, Гърция, в съавторство с научния колектив по проекта ADOPTA докторантката е първи съавтор. Публикувани са резултатите от точка IV.5.1, IV.5.2
5. Статия номер 5 в международна конференция International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech' 09) – в Русе, България, в съавторство с научния колектив по проекта ADOPTA - докторантката е втори съавтор. Публикувани са резултатите от точка IV.5.3

6. Статия номер 6 в международна конференция Conference on Education Technology and Computer (ICETC 2009) – в Сингапур, в съавторство с научния ръководител - докторантката е втори съавтор. Публикувани са резултатите от точка IV.2.1, IV.2.2
7. Статия номер 7 в международна конференция 5th International TENCompetence Open Workshop "Stimulating Personal Development and Knowledge Sharing" – в София, България - самостоятелна статия на докторантката. Публикувани са резултатите от точка II.2.5, II.3
8. Статия номер 8 в международна конференция Int. Conf. on Education – в Барселона, Испания , в съавторство с научния ръководител - и като първи съавтор е докторантката. Публикувани са резултатите от точка II.2.2, II.2.3, II.2.4

Резултатите са публикувани по държави, както следва: в България (3 публикации), в Гърция – 1 публикация, в Сингапур – 1 публикация, в Испания - 1.

Позиция на съавторите в публикациите е както следва: 2 самостоятелна, 5 като първи съавтор и 2 като втори съавтор.

Резултатите са публикувани – 2 самостоятелни, 3 със съавтор научния ръководител и 3 в съавторство с български изследователски екип.

По тип публикацииите са, както следва: 2 в международни научни списания и 6 в сборници от международни конференции.

Всичките статии са на английски език.

Открити цитирания на статиите свързани с дисертацията (към 30.05.2011 г.):

1. Cestnik B., Košti, S.: Constructing semantic ontologies for business analytics, Proceedings of the 11th International Conference on Computer Systems and Technologies and Workshop for PhD Students in Computing on International Conference on Computer Systems and Technologies, June 17-18, 2010, Sofia, Bulgaria – статия номер 5
2. Paramythis, A.: Adaptive Systems: Development, Evaluation and Evolution, PhD DISSERTATION, FIM-Linz, 2009 – статия номер 8.
3. Kalaydjiev, O.: Intelligent Agents in Applications of Language Technologies, PhD. Thesis, IPIP-BAS, Sofia, Bulgaria, 2007 – статия номер 8.
4. Vandewaetere M., Desmet P., Clarebout G.: The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments, Computers in Human Behavior, Volume 27, Issue 1, January 2011, ISSN: 0747-5632, pp. 118–130 – статия номер 8.

Цитирана литература в автореферата

- [Adams, '98] Adams, E. (1998): *Idealization in Applied First-Order Logic*, Synthese, Springer Netherlands, ISSN: 0039-7857, Vol. 117, Number 3 / December, 1998, pp. 331-354
- [Bontchev&Vassileva, '06] Bontchev B., Vassileva D. (2006): *Software architecture of a self adaptive hypermedia e-learning system*. Proc. of 3rd Int. Conf. on Computer Science'2006, Istanbul, Turkey, 12 - 15 October 2006, pp. 306-311.
- [Bontchev&Vassileva, '09b] Bontchev B., Vassileva D. (2009): *Adaptive courseware design based on learner character*, Proc. of Int. Conf. on Interactive Computer Aided Learning (ICL2009), 23-25 Sept., 2009, Villach, Austria, pp. 724-731.
- [Brusilovsky, '96] Brusilovsky, P. *Methods and techniques of adaptive hypermedia*. In *User Modeling and User-Adapted Interaction* 6(2-3), 1996, pp. 87-129.
- [Brusilovsky, '97] Brusilovsky, P. (1997): *Efficient Techniques for Adaptive Hypermedia*. In Nicholas, C., Mayfield, J. (eds.): *Intelligent hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web*. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1326, Berlin: Springer-Verlag, 1997, pp. 12-30, available online at:
- [Brusilovsky&Peylo, '03] Brusilovsky, P., Peylo, C. (2003): *Adaptive and Intelligent web-based Educational systems*, Intl.J. of Artificial Intelligence in Education, 13, pp. 156-169.
- [Collis&Strijker, '04] Collis, B., Strijker, A. (2002): *New pedagogies and reusable learning objects: Toward a new economy in education*. Journal of Educational Technology Systems. Vol. 30 (2), pp. 137-157.
- [Corno&Snow, '86] Corno, L., Snow, R.E. (1986): *Adapting teaching to individual differences among learners*. Handbook of research on teaching, 1986.
- [Dawes, '08] Dawes, J. (2008): *Do Data Characteristics Change According to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales*. International Journal of Market Research. Vol. 50 (1), pp. 61-77.
- [De Bra et al., '99] De Bra P., Houben G.-J., Wu H. (1999): *AHAM: A Dexter-based Reference Model for adaptive Hypermedia*. Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, ISBN:1-58113-064-3, Darmstadt, Germany, 1999, pp. 147-156.
- [Friesen et al., '02] Friesen, N. (2002): *E-learning Standardisation: An Overview*, available online at: http://www.cancore.ca/pdfs/e-learning_standardization_overview.pdf
- [Gell-Mann, '94] Gell-Mann, M. (1994): *Complex adaptive systems. Complexity: Metaphors, Models, and Reality* (G. Cowan, D. Pines, and D. Meltzer, eds.), Addison-Wesley, New York, pp. 17-45.
- [Halasz&Schwartz, '94] Halasz, F., Schwartz, M. (1994): *The Dexter hypertext reference model*. Communications of the ACM, Vol. 37, Issue 2, ISSN:0001-0782, pp. 30-39.
- [Hartmann et al., '05] Hartmann, J. et al. (2005): *Ontology Metadata Vocabulary and Applications*. Proc. of Int. Conf. on Ontologies, Databases and Applications of Semantics, Workshop on Web Semantics (SWWS), Springer, October 2005, pp.906-915.
- [IEEE LTSC, '04] IEEE LTSC (2004): *IEEE LTSC Working Group 12: Learning Object Metadata*, available online at: <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>
- [IMS, '04] IMS Global Learning Consortium (2004): *IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata v1.3.*, available online at: http://www.imsglobal.org/metadata/mdv1p3pd/imsmd_bestv1p3pd.html
- [ISO, '01] ISO, International Organization for Standardization (2001): *ISO 9126-1:2001, Software engineering – Product quality, Part 1: Quality model*.
- [Karagiannidis&Sampson, '02] Karagiannidis, C., Sampson, D., (2002): *Accommodating Learning Styles in Adaptation Logics for Personalised Learning Systems*, Proc. of World Conf. on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunication, pp. 1715-1726.
- [Koch&Wirsing, '02] Koch, N., Wirsing, M. (2002) *The Munich Reference Model for Adaptive Hypermedia Applications*. Proc. of the Int. Conf. on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems, ISBN: 3-540-43737-1, pp. 213 – 222.

- [Modritscher et al., '04]** Modritscher, F., Garcia-Barrios, V. M., Gutl, C.. (2004): The Past, the Present and the future of adaptive E-Learning. In Proceedings of the International Conference Interactive Computer Aided Learning (ICL2004), 2004, available online at: http://www.iicm.edu/iicm_papers/icl2004/adaptive_e-learning/adaptiv_e-learning.pdf
- [Moreira&Musen, '07]** Moreira, D., Musen, M. (2007): OBO to OWL: a protege OWL tab to read/save OBO ontologies, In Bioinformatics, Vol. 23, No. 14, pp. 1868-1870.
- [Ohene-Djan et al., '03]** Ohene-Djan, J., Gorle, M., Bailey, C. P., Wills, G. B., Davis, H. C. (2003): Understanding Adaptive Hypermedia: An Architecture for Personalisation and Adaptivity. Proc. of Workshop on Adaptive Hypermedia AH2003, August 26-30, 2003, Nottingham, UK.
- [Oppermann et al., '97]** Oppermann, R., Rashev, R., Kinshuk, A. (1997): Adaptability and adaptivity in learning systems. In A. Behrooz, editor, Knowledge Transfer, Vol. II, pp. 173–179.
- [Park&Lee, '03]** Park, O., Lee, J. (2003): Handbook of Research for Educational Communications and Technology, chapter Adaptive Instructional Systems, Association for Educational Communications and Technology, 2003, pp. 651–660, available online at: <http://coe.sdsu.edu/eet/articles/cmi/Park,%202003.pdf>
- [Sadler-Smith& Eugene, '97]** Sadler-Smith, Eugene (1997). Learning Style: Frameworks And Instruments. Educational Psychology, Mar-Jun97, Vol. 17, Issue 1/2.
- [SCORM, '06]** SCORM (2006): SCORM Overview. NOVEMBER 16, 2006, available online at: <http://www.adlnet.org/Technologies/scorm/SCORMSDocuments/Previous%20Versions/SCORM%202004%203rd%20Ed/SCORM.2004.3ED.DocSuite.zip>
- Sommerville, I. (2004): Software Engineering, International Computer Science Series, Addison
- [Stanley&Sherwood, '76]** Stanley, S., Sherwood, B. (1976): Educational Uses of the PLATO Computer System, Science 192, Issue 4237, April 1976, pp. 344-352.
- [Stoyanov&Kirschner, '04]** Stoyanov, S., Kirschner, P. (2004): Expert Concept Mapping Method for Defining the Characteristics of Adaptive E-Learning: ALFANET Project Case. Educational Technology, Research & Development, vol. 52, no. 2, 2004, pp. 41–56
- [Sun, '07]** Sun (2007) The Java EE 5 Tutorial - <http://download.oracle.com/javaee/5/tutorial/doc/javaeetutorial5.pdf>, последно посетен на 10 май 2011 г.

Използвани съкращения на български

АСЕО	адаптивни системи за електронно обучение
АХОС	адаптивни хипермедийни образователни системи
АХС	адаптивни хипермедийни системи
ГП (ПГ)	граф на повествованието (повествователен граф)
ИСО	интелигентните системи за обучение
КТ	контролна точка
МА	модел на адаптация
МО	модел на обучаемия
МУА	машина за управление на адаптацията
МУА	машина за управление на адаптацията
ПМ	потребителски модел
РП	работен път
ТКМ	триъгълен концептуален модел

Използвани съкращения на английски

LOM	Learning Object Metadata
SCORM	Shareable Content Object Reference Model
UML	Unified Modeling Language