



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ
ТЕХНОЛОГИИ

Елисавета Димитрова Тричкова

ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСИ В ИНФОРМАЦИОННИ
СИСТЕМИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

НА ДИСЕРТАЦИЯ

за придобиване на образователната и научна степен «доктор»

по специалност 02.21.10. „Приложение на принципите и методите на
кибернетиката в различни области на науката”

Научен ръководител:
/доц. дтн. Красимира Стоилова/

София, 2014 г.

Дисертацията е обсъдена и допусната до защита на разширено заседание на секция „Йерархични системи“ на ИИКТ-БАН, състояло се на 28 май 2014 г.

Дисертацията съдържа увод, четири глави, заключение, 141 страници, 37 фигури и 45 таблици, 152 цитирани литературни източника, 6 приложения и списък на използваните съкращения.

Защитата на дисертацията ще се състои на 2014 г. от часа в зала на на открито заседание на научно жури в състав:

1.,
2.,
3.,
4.,
5.,

Резервни членове:

1.,
2.

Материалите за защитата са на разположение на интересуващите се в ИИКТ-БАН, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 2.

Автор: Елисавета Тричкова

Заглавие: Оптимизация на процеси в информационни систем

Въведение

Цел на дисертационния труд е като се използват постиженията на софтуерните и образователни технологии да се проектира и реализира система за Web-базирано обучение; да се приложи подход за количествена оценка на качеството ѝ чрез провеждане на изследване, базирано на мнения на експерти и преподаватели в областта на информационните технологии и образованието с оглед определяне на потенциала за подобряване на нейните характеристики.

Актуалност на проблема

Информационните системи придобиват все по-голямо значение за съвременния начин на живот. Те се използват в най-различни професионални области като производството, енергетиката, компютърните технологии, финанси, телекомуникации, продажби, болници и фармацевтика, услуги, висше образование.

Проектирането и изграждането на ИС следва да удовлетворява наложени стандарти в съответната сфера. Качеството на софтуера е ключова характеристика, която обобщава резултата от взаимодействието на почти всички фактори, възникващи в процеса на разработване и създаване на програмите. Съставянето на количествена оценка на качеството на софтуерния продукт е важна не само за оценката и за сравнението на отделните програмни приложения, но и за ефективното управление и усъвършенстване на процесите в информационна система като цяло.

Тенденциите за развитие на електронното обучение и по-голямата достъпност на образованието като цяло засилват необходимостта от внедряване на ИС в образователния процес.

Едни от най-често използваните системи в образованието са системите за управление на съдържанието. Тези системи са многофункционални и непрекъснато се развиват и усложняват. Проблемът как да се структурира Web базиран курс и да се представи съобразно избран модел, как да се съхранява в правилно структурирана Web-интегрирана база данни е изключително актуален.

Въпреки че почти всички автори на системи изтъкват универсалния характер на представените от тях системи, на практика съществуват специфични разлики. Практиката показва, че отделните Висши училища (ВУ) използват информационни системи изцяло съобразени със спецификата им, което оправдава и налага необходимостта от разработване на собствени системи, съобразно избран педагогически модел. Докато в техническите специалности, разпространена форма на обучение и изпитване е разработването на проекти, то в медицинските дисциплини тази форма все още не се прилага, а е важно решаването на ситуационни задачи (клинични казуси).

Структура на дисертацията

Дисертационният труд е разделен на увод, четири глави и заключение. Дисертацията съдържа 141 страници, 37 фигури и 45 таблици, 152 цитирани литературни източника и 6 приложения. По дисертационния труд са публикувани 7 публикации. Изследванията са част от получените резултати на 5 научноизследователски проекта. В автореферата е използвано номериране на фигурите и таблиците, съответстващо на номерирането в дисертационния труд.

Глава първа. Информационни системи и процеси. Електронно обучение

1.1 Увод

В първа глава са дадени дефиниция и основни понятия за това какво представляват Информационните системи (ИС). Синтезирани са принципите на софтуерните технологии като средство за създаване на прототип на информационна система. Разгледани са стандартите и моделите за оценка на качеството на софтуерните продукти и методи за многокритериална оптимизация. Анализирани са моделите на жизнения цикъл на софтуерния процес, както и на съществуващи платформи и среди за електронно обучение.

1.2. Същност и основни понятия на Информационни системи (ИС)

В съвременното общество компютрите се утвърдиха като незаменим помощник във всички сфери на човешката дейност. Неимоверно много нарасна и значението на *информацията, която вече се третира като бизнес ресурс*. Това стана възможно, благодарение на компютърните информационни системи, които предоставят и основната среда за приложение на информационните технологии в практиката.

Чрез добро познаване на възможностите и тенденциите в развитието на компютърните информационни системи може да се повиши ефективността от работата на всички нива и във всички сфери на действие.

1.3 Основни понятия от софтуерните технологии

В литературата се срещат различни определения за терминът Софтуерни технологии. Представени са няколко определения, дадени от различни автори, като в дисертационния труд ще се придържахме към определението: *Софтуерните технологии представляват систематичен подход към разработването на качествен софтуер, както и към неговото предлагане на пазара, експлоатация и съпровождане*.

Софтуерната технология (СТ) е изградена от множество стъпки, които включват различни методи, средства и подходи.

Качеството на софтуера е комплексна характеристика, която обобщава ефекта от влиянието на множество разнообразни фактори върху процеса на разработване и реализиране на софтуерния продукт. Съставянето на количествена оценка за качеството на софтуерния продукт е важна не само за оценката и за сравнението на отделните програмни приложения, но и за ефективното управление и усъвършенстването на процесите в софтуерното инженерство.

Моделите описват в структуриран вид смисъла на понятието „качество на СП”. Всеки модел на качеството на програмното осигуряване принципно се състои от три основни компонента: (1) структура на характеристиките на качеството; (2) метрики; (3) критерии на качеството. Моделите за оценка на качеството в софтуерните проекти имат две основни приложения: (1) като основа за определяне на изискванията към качеството на продукта и (2) по отношение на техниките за осигуряване на качеството на СП и като средство за измерване на изискванията към качеството.

Поради многообразието на модели за оценка на качеството, различието на отчитаните фактори и аспекти на разглеждане, се налага извода за необходимост от стандартизация.

Основният стандарт, представящ качеството на софтуерния продукт като синтез от структурно свързани характеристики за оценяване на качеството на софтуерните продукти е ISO 9126. Стандартът се основава на моделите на качеството на МакКол и Боем. Състои се

от четири части, които адресират следните области: модел на качеството (ISO 9126-1), външни метрики, вътрешни метрики, качество при употреба. Моделът на качеството на ISO 9126 е структуриран по начин, сходен с посочените два модела, като определя шест групи характеристики (набори от свойства) на софтуера, наречени „фактори на качеството”. Това са функционалност (functionality), надеждност (reliability), ефективност (efficiency), удобство при използването (usability), възможност за поддържане (maintainability) и преносимост (portability).

1.4 Разработване на информационна система

Различните дейности, които се извършват по време на разработката на един програмнен продукт оформят жизнения цикъл на разработването му. Той започва с идентифицирането на изискванията към софтуера и приключва с верификация на разработения продукт спрямо спецификацията му.

Жизненият цикъл на една информационна система обхваща всички етапи на разработката, внедряването и експлоатацията ѝ. По-конкретно, при разработването и развитието на една информационна система трябва да се имат в предвид следните фази: анализ и дефиниция, проектиране, разработване, реализиране, тестване и внедряване. Постоянни компоненти са изследване на системата, анализ на реализуемостта и изграждане на базата данни, а променливи компоненти са процесите, които се променят и усъвършенстват непрекъснато.

Съществуват различни мнения относно броя и наименованието на фазите, но в общия случай те съответстват на основните дейности на процеса за разработване на един програмния продукт.

От съществено значение за ефективното функциониране на една система се явява и правилният подбор на методологията за изграждане на информационната система. От това какви етапи, техники и средства ще се използват и в каква последователност ще се прилагат, зависят крайните резултати.

Основната цел на използването на модели на жизнения цикъл на системите е справяне със сложността и промяната. Моделът на жизнения цикъл на системата е съвкупност от дейности и връзките между тях с цел подпомагане разработката на една система. Съществуват много и различни модели на жизнения цикъл и това значително многообразие се определя от твърде многото модификации на добре известни основни модели, а именно: последователни, инкрементални, базирани на създаването на прототипи, еволюционни и „пъргави” (Agile) модели.

1.5 Процеси в информационни системи

Информационната система е система за изпълнение на основните информационни дейности, които се състоят в събиране, съхраняване, обработване и разпространяване на информации. Съвкупността от тези дейности се нарича информационен процес.

В последните години голяма популярност като понятие придобиват бизнес процесите и тяхното управление.

Системите за управление на бизнес процесите включват средства за моделиране на процеси, система за изпълнение на процеси и средства за мониторинг.

Съществува дълъг списъкът на налични продукти за моделиране, включително спецификация, симулация и функционално изпълнение на системите за управление на работния процес. Продуктите са с различна степен на развитие и са представени

едновременно като продукти налични на пазарните и софтуерни инструменти с отворен код. Като един от най-използваните езици и графични нотации при моделиране на работни процеси в системите за управление на работния процес е BPMN.

Технологиите, свързани с моделирането и изпълнението на бизнес процеси, могат да бъдат успешно използвани и при разработването на процеси в информационни системи свързани с електронното обучение. Всички дейности в една система, например за Web-базирано обучение, могат да бъдат също моделирани като процеси.

1.6 Методи за многокритериална оптимизация

Съществуват различни концепции за решаване на оптимизационни задачи с няколко критерия за оптималност.

Както показват разгледаните модели и стандарти в дисертационния труд, качеството на софтуерния продукт е сложна категория, обобщаваща много отделни характеристики, свързани със специфични отношения. Множеството от наличните в моделите и различни по своята същност и по начин на оценяване фактори, критерии и метрики определя задачата за оценка на качеството на софтуерен продукт като многокритериална.

1.7 Web-базирани образователни информационни системи

Електронното обучение придобива широка популярност през последното десетилетие и само по себе си представлява интерактивно обучение, което използва различни технологии за комуникация като средство за преподаване. То предоставя на обучаващия се лесен достъп до учебни материали в удобно за него време и място, като по този начин обучаваният получава бърза квалификация с минимални разходи.

Наред с електронното обучение широко използвани понятия в наши дни са Web-базираното обучение, обучението онлайн и дистанционното обучение.

Web-базираното обучение, може да се дефинира като съвкупност от специализирани ресурси, достъпни чрез Интернет или Интранет, които позволяват на обучаващите се да получават знания и умения чрез самообучение. То не само предоставя необходимия учебен материал, но на практика изисква от обучаващите се да демонстрират нивото на овладените знания.

Интересът към софтуерните продукти, даващи възможност да се реализира електронното обучение расте с бързи темпове. Съществува широк спектър от софтуерни продукти за осигуряване на дистанционно обучение, които може да се класифицират като: *авторски инструменти (Authoring Packages)*; *системи за управление на обучението (Learning Management Systems - LMS)*; *системи за управление на съдържанието (Content Management Systems - CMS)*; *системи за управление на учебно съдържание (Learning Content Management Systems - LCMS)*.

1.8 Изводи

Създаването на една информационна система се извършва на определени етапи и по определени методи.

Важна характеристика, която обобщава ефекта от влиянието на множество разнообразни фактори върху процеса на разработване и създаване на софтуерния продукт е неговото качество. В областта на осигуряване на качеството съществуват множество стандарти, но основният, представящ качеството на софтуерния продукт като синтез от структурно свързани характеристики е ISO 9126. От друга страна, моделите на качеството

описват в структуриран вид смисъла на понятието „качество на софтуерен продукт“, базирайки се на основните си компоненти и приложения.

Различните дейности, които се извършват по време на разработката на един програмен продукт оформят жизнения му цикъл. Той обхваща всички етапи на разработката, внедряването и експлоатацията му. От значение е правилният избор на модел на жизнения цикъл на системата. Той е съвкупност от дейности и връзките между тях с цел подпомагане разработката на една система.

Електронното обучение, което може да се разглежда като вид информационен процес, придобива широка популярност през последното десетилетие и само по себе си представлява интерактивно обучение, което използва различни технологии за комуникация като средство за преподаване.

Съществуват редица причини, които оправдават необходимостта от създаването на собствена система за е-обучение, като например високите цени на чужди системи за организиране и управление на обучението, които са несъпоставими с нашите условия; Езиковата бариера, поради това че системите са ориентирани основно към английски говорещите страни; Липса на възможност за гъвкаво обновяване на ползваната система с развитието на нови информационни технологии. Закупените или получени чрез лиценз системи не могат да се променят; Въпреки универсалния характер на повечето системи, на практика съществуват характерни разлики между обучението по инженерни, хуманитарни, медицински и др. дисциплини, което оправдава и налага разработването на собствени системи, съобразно спецификата на дисциплините. Например в медицинските дисциплини е важно решаването на ситуационни задачи (клинични казуси).

1.9 Цел и задачи на дисертационната работа

Дисертационното изследване разработва **проблема** по количествената оценка на показатели на функциониране на информационни системи и процеси.

Обект на изследване е разработване на информационна система за изпълнение на електронно обучение по дисциплини от областта на медицината.

Предмет на изследването е проектиране и разработване на информационна система за електронно обучение от областта на медицината; количествена оценка на параметри на системата и процесите в нея; намиране на потенциал за подобряване на процесите в системата чрез дефиниране и решаване на оптимизационна задача.

Цел: Целта на дисертационния труд е проектиране и разработване на информационна система, количествено оценяване на характеристики на нейни процеси и определяне на потенциала за подобряване на тези характеристики.

Задачи:

1. Да се анализират технологиите за разработване на информационни системи. Да се анализират стандарти и модели за оценка на характеристиките им;
2. Да се проектира и разработи специализирана информационна система като:
 - се анализират и формулират изискванията, на които трябва да отговаря системата;
 - се разработи модел на системата и нейните процеси;
 - се разработят програмните модули и структурата на базата данни;
 - се анализира и сравни функционалността на разработената Web-базирана информационна система с известни софтуерни платформи в областта на електронното обучение.

3. Да се състави процедура за оценка на характеристики на информационната система като се ползват критерии и стандарти за качество на софтуерните продукти и дидактически показатели;
4. Да се оценят количествено характеристиките на системата;
5. Да се определи потенциала за подобряване на съществуващите характеристики на информационната система чрез дефиниране на съответна оптимизационна задача.

Глава втора: Синтез на процеси в информационни системи

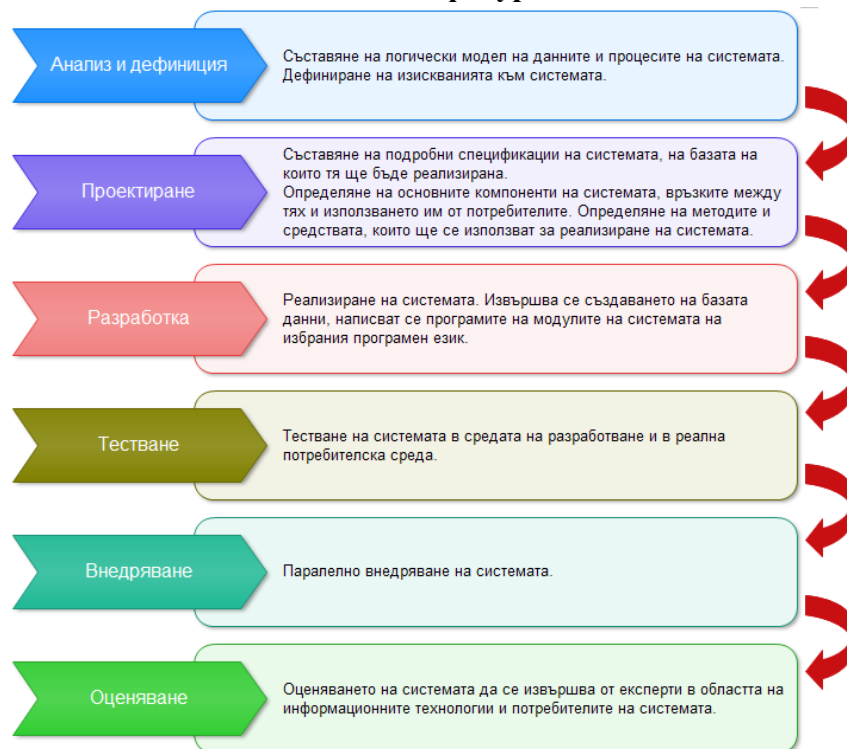
2.1 Увод

Във втора глава се разглежда методология за проектиране и разработване на информационна система, включваща етапите, техниките и средствата, които ще се използват. Анализират се изискванията към системата. Синтезират се сценарии на действието и на работата на отделните модули и се проектират моделите на процесите им. Разгледана е възможност за прилагане на метод за многокритериална оптимизация към подход за оценка на качеството и ефективността на система за Web-базирано обучение.

2.2 Методология за проектиране и разработване на информационна система

От съществено значение за ефективното функциониране на една информационна системата е правилният подбор на методологията за изграждането ѝ, както и от това какви етапи, техники и средства ще се използват и в каква последователност ще се прилагат. За да се разработи една информационна система, е необходимо процесът на разработка да премине през определен брой етапи.

На база изложените в първа глава фази от класическия модел, за целите на дисертацията се приемат и описват шест основни фази, през които минава разработването на информационна система за организиране и управление на Web-базирано обучение. Тези фази се реализират последователно и са показани на **фигура 2.1**.



Фигура 2.1. Фази на жизнен цикъл на информационната система

Анализ и дефиниция на изискванията към системата

Анализ на процесите на системата

Целта на анализа на системата е да се изясни какво трябва да се направи, за да се реализират нейните функции. Това се осъществява чрез декомпозиция на функциите на системата на техните съставни елементи и създаване на логически модел на процесите и потоците от данни, необходими за тяхното изпълнение.

Дефиниране на изискванията на системата

Дефинирането и формулирането на изискванията ще бъде съобразено с резултатите от направените анализи и изследвания и вземането в предвид мнение на независими експерти в областта на информационните технологии и електронното обучение и експерти от институцията, която предлага системата за Web-базирано обучение. Изискванията ще бъдат групирани в две категории: изисквания, изпълняващи функции характерни за универсална система за управление на обучението, и изисквания, включващи характеристики на качеството на софтуерните продукти.

Проектиране на системата

През тази фаза детайлно се анализират изискванията от предходния етап и се разработва цялостен модел на информационната система. Определят се нейните основни компоненти, връзките между тях и използването им от потребителите. Определят се също така методите и средствата, които ще се използват за реализиране на системата. Детайлизират се изискванията към хардуера, софтуера, базата от данни, комуникациите, взаимодействието с потребителите на системата.

Проектиране на базата данни

Процесът на проектиране на БД е свързан с проектирането на следните три модела:

Концептуален модел – включващ семантичен модел, фреймов модел и модел “същност-връзка” (ER (Entity-Relationship) модел). ER моделът е един от най-популярните концептуални модели на данни. Моделирането на предметната област се базира на използване на графични диаграми, в които обектите и връзките между тях се представят с графични символи.

Тъй като ER моделът е по-близък по принципи на организацията до релационния модел, и реализацията на последния на базата на първия е най-удобна, то в качеството на концептуален модел се избира модел “същност- връзка”.

Логически модел – включващ мрежов, йерархичен или релационен модели на данни. Релационният модел има две важни характеристики: прост и естествен начин за представяне на данните - таблици; строга математическа основа на модела - теория на множествата и предикатната логика.

Поради това, че от изброените логически модели на данните релационният притежава предимства като например лесно извличане на данни, съгласуваност и точност на данните, независимост на данните от приложенията на БД, вградена цялост на данните на много нива, за да бъдат защитени от грешки и др., релационният модел беше избран за разработване на БД на системата.

физически модел – включва методите за съхраняване и достъп до данните, а също и методите за достъп до ОС.

Проектиране на процесите

Проектирането на процесите е предпоставка за специфицирането на хардуера и проектирането и специфицирането на софтуера на системата. При разработването на

софтуера, програмите се разглеждат като съставени от различни модули. Тези модули трябва да бъдат конструирани така, че всеки от тях да изпълнява отделна независима функция, да има възможност да се тества по отделно, да води до програмен код, който да бъде лесен за разбиране и за промяна в по-късен етап от проектирането ако това е необходимо. Също така, модулното проектиране трябва да улеснява добавянето на допълнителни модули, което ще допринася за гъвкавостта на системата. Връзките между модулите могат да бъдат илюстрирани графично чрез структурна диаграма или използвайки графични нотации и езици за моделиране на процеси.

При моделирането на процесите широко приложение в практиката намират различни модификации на структурния метод, но в последните години голяма популярност придобиват и Workflow технологиите като средство за моделиране, изпълнение и мониторинг на процеси в различни бизнес и ИТ области.

Тези технологии могат да бъдат успешно използвани при моделирането и изпълнението на процеси в информационни системи, свързани с електронното обучение. Всички дейности в една система, например за управление на съдържанието, могат да бъдат също моделирани като процеси. С други думи електронна система за обучение може да се разглежда като система за управление на работния процес, изпълняваща процеси тясно свързани с дейности на електронното обучение.

Проектиране на архитектурата на информационната система

Архитектурата на информационната система е абстрактен модел, който обхваща отделните елементи на системата и техните взаимодействия.

Архитектурата „Клиент-сървър” стои в основата на почти всички съвременни решения, използвани при създаване на *информационни системи*. Моделите, които предлагат клиент-сървър технологията се различават основно по начина на разпределение на изпълняваните алгоритмични функции между клиента и сървъра. Разделянето на алгоритмичната обработка на различни нива от програмната система довежда до създаването на клиент-сървър модели на две, три и четири йерархични нива.

Софтуерният продукт, разработен за целите на дисертационния труд е реализиран на базата на клиент-сървър архитектурата с три йерархични слоя. Този клас информационни системи реализират модела на клиент-сървър с три йерархични нива: ниво на представяне, приложно ниво и ниво за обработка на данни. Акцент се дава на динамичното генериране и предоставяне на информация.

Проектиране на потребителския интерфейс

Добре разработеният потребителски интерфейс е решаващ за успеха на една система. Интерфейс, който е труден за използване, в най-добрия случай ще донесе много потребителски грешки. В най-лошия случай, потребителите ще откажат да използват системата без значение на нейната функционалност. Ако информацията е представена по объркващ или подвеждащ начин, потребителите може да не разберат нейния смисъл. Те може да предприемат поредица от действия, които да изопачат данните или да доведат до грешки.

Като средство за комуникация между потребителя и компютъра се използва графичен интерфейс (Graphic User Interface, GUI). Предимствата му са че е относително лесен за изучаване и използване, потребителят има много прозорци за взаимодействие и бързина, т.е. работа върху целия екран позволява незабавен достъп до коя да е област или елемент.

Разработване на системата

Съобразно с дефинираните изисквания към системата от етап "анализ и дефиниране" и разработения цялостен модел на информационната система от етап "проектиране" се пристъпва към реализирането (написването) ѝ в програмен вид. Създава се базата данни и прилежащите ѝ таблици, използвайки инструмент за администрация на базата данни. Написват се програмите на модулите на системата на избрания език.

Тестване на системата

Тестването се провежда в два етапа: в средата на разработване и в реална потребителска среда.

- Тестване в средата на разработване. През този етап се извършва и т.нар. модулно тестване. Всеки един от програмните модули се тества поотделно и се отстраняват грешките. След завършване на модулното тестване всички програмни модули се обединяват в една система, която в следващия етап се тества от потребителите в реални условия.

- Тестване в реална потребителска среда. Използва се интегралният подход за цялостно тестване на системата, а именно сглобява се цялата система и се тества като цяло. Като последна проверка се извършва тестване на системата в реална потребителска среда, като потребителите регистрират проблемите и ги съобщават на разработчиците, които внасят съответните промени.

Внедряване на системата

Внедряването се осъществява паралелно. Старата и новата система се използват паралелно за известно време, при което се сравняват получени резултатите при функционирането им. След като се установи, че всичко функционира нормално, старата система се спира и се преминава изцяло към използване на новата система.

Оценяване на системата

Оценяването на системата за Web-базирано обучение се извършва от експерти в областта на информационните технологии и потребителите на системата. Набляга се на оценяването на качеството и ефективността на системата по критерии, базирани на стандарти за качество на софтуерни продукти и дидактически показатели.

Технологии и средства за реализация

Системата за Web-базирано обучение, разработена за целите на настоящия дисертационен труд е реализирана с модерни, широко достъпни и доказали себе си технологии и средства.

Система е базирана изцяло на софтуерни продукти с отворен код - Linux, Apache Web сървър, MySQL база данни и PHP програмен език.

2.3 Възможност за прилагане на методи за многокритериална оптимизация към подход за оценка на качеството на система за Web-базирано обучение

Качеството на един софтуерен продукт е многомерна характеристика, в която съгласно приетия модел участват групи величини, разнородни по своята същност, по начина на получаване и по формата на изразяването си. Във всички случаи формалният модел за остойностяване на качеството трябва да взема под внимание тази многокритериалност и коректно да отчита взаимодействието и приоритетите на параметрите, обуславящи критериите.

Според редица литературни източници в разбирането за качеството на софтуерен продукт е важно да се вземе под внимание, че това не е отделно взето понятие, а по-скоро

многомерна категория, възникваща в резултат на взаимодействието на много вътрешни и външни фактори.

Въпреки че необходимостта от решаването на множество практически задачи с векторен критерий е довела до развитието на много методи за намирането на оптимални решения, като най-близко до целите на дисертацията, включващи изчисляването на качеството и ефективността на информационната система на база определени критерии се приема да се използва като основа метода за определяне на тегловни коефициенти по мнения на експерти.

2.4 Изводи

За разработването на една информационна система, е необходимо процесът на разработка да премине през определен брой отделни етапи (фази). Етапите, през който преминава разработването на системата за Web-базирано обучение са шест.

На етап *анализ* на изискванията към системата целта е изясняване на това какво е необходимо за реализирането на нейните функции. Осъществява се декомпозиция на функциите на системата на техните съставни елементи и се създават логически модели на процесите и потоците от данни, необходими за изпълнението им.

На етап *проектиране* се разработва цялостен модел на системата за Web-базирано обучение. Определят се методите и средствата, използвани при реализирането на системата. Мотивиран е изборът на хардуер, софтуер, база от данни, архитектура, комуникациите, взаимодействието с потребителите при системата.

На етап *разработване* реализирането на системата е съобразено с предходните два етапа. Изградена е практически в съответствие с техните изисквания, методи и средства. Извършва се създаването на базата от данни и се написват програмните модули на избрания програмен език.

На етап *тестване* системата преминава през няколко стъпки. Първо всеки един програмен модул се тества поотделно и се отстраняват грешките, след което системата се сглобява и се извършва цялостно тестване. Накрая като последна проверка се извършва тестване на системата в потребителска среда.

На етап *внедряване* се осъществява преход от старата към новата, като внедряването се реализира паралелно.

На етап *оценяване* се предлага възможност за прилагане на методи за многокритериална оптимизация към подход за оценка на качеството на система за Web-базирано обучение. Направен е анализ на тези методи, и на основата на този анализ е предложен подход, чрез който се прави количествена оценка на качеството и ефективността на системата. На базата на тази оценка се определят параметрите които трябва да се подобрят с цел оптимизиране на процесите в системата с оглед удовлетворяване на изискванията на потребителите. Подходът може да се прилага за различни софтуерни продукти в областта на Web-базираните приложения, като се отчетат особеностите на всяка от тях.

Глава трета: Разработване на информационна система за Web-базирано обучение

3.1 Увод

Системите за организиране и управление на Web-базирано обучение, са многофункционални. Тези системи осигуряват комуникация между участниците в учебния

процес, както и възможност за управление на учебния процес. Проблемът как да се структурира Web-базираният курс и да се представи съобразно избран модел, как да се съхранява в правилно структурирана Web-интегрирана база данни, е изключително актуален. Като резултат от научните изследвания в голям брой университети и компании са разработени много такива системи. Една от тези системи е и реализираният сайт, който е основа за създаване и представяне на курсове по различни дисциплини в Медицински университет – София. Необходимостта от създаването на собствена система е основано на няколко причини: високите цени на чужди системи за организиране и управление на обучението (като Blackboard и Lotus например), които са несъпоставими с нашите условия; липса на възможност за гъвкаво обновяване на ползваната система с развитието на нови информационни технологии. Закупените или получени чрез лиценз системи не могат да се променят. Въпреки универсалния характер на повечето системи, на практика съществуват характерни разлики между обучението по инженерни, хуманитарни, медицински и др. дисциплини, което оправдава и налага разработването на собствени системи, съобразно спецификата на дисциплините. Например в медицинските дисциплини е важно решаването на ситуационни задачи (клинични казуси). И не на последно място езиковата бариера. Системите са ориентирани основно към английски говорещите страни.

В настоящата глава се описва реализирането на софтуерно приложение като Web-базирана система за обучение. Системата е насочена към преподавателите от различни медицински дисциплини в Медицински университет - София (МУС), за да ги улесни в публикуването на традиционни и интерактивни средства за обучение. Системата има два интерфейса: административен, предназначен за използване от преподавателите и потребителски, предназначен за използване от студентите. Интерфейсът за студенти включва три основни модула (Лекции, Тестове и Виртуални пациенти), също така модул Виртуални модели и модули за регистриране на потребители, търсене по ключова дума или изрази и няколко други допълнителни секции и под-секции. Административният интерфейс включва редица опции и форми, които позволяват дори и на преподаватели с ограничени компютърни познания с лекота да създават, редактират и публикуват лекции, тестове, симулации на казуси както и да манипулират съдържанието и на останалите модули в системата.

3.2 Реализация на системата

Реализирането на системата следва предложените етапи на изпълнение от втора глава на дисертационния труд. Системата спада към категорията управление на учебно съдържание поради спецификата на изискванията от страна на институцията, която я използва.

Дефиниране на изискванията към системата

Като резултат от направения анализ на литературни източници и проучването и разглеждането на аналогични програмни системи, както и взетото в предвид мнение на независими експерти в областта на информационните технологии и експерти от институцията, която предлага системата за Web-базирано обучение, се формулират изисквания, включващи характеристики на качеството на софтуерните продукти като коректност, надеждност, стабилност, мащабируемост, преносимост, възможност за поддръжка и удобен за потребителя интерфейс и характеристики, изпълняващи функции, характерни за универсална система за управление на обучението като управление на студентите, управление на учебните материали, управление на материалите за оценяване, управление на учебния процес, управление на достъпа до системата.

Създаване на базата от данни

За физическата реализация на базата от данни на системата за Web-базирано обучение е избрана релационната система за управление на бази данни (СУБД) MySQL.

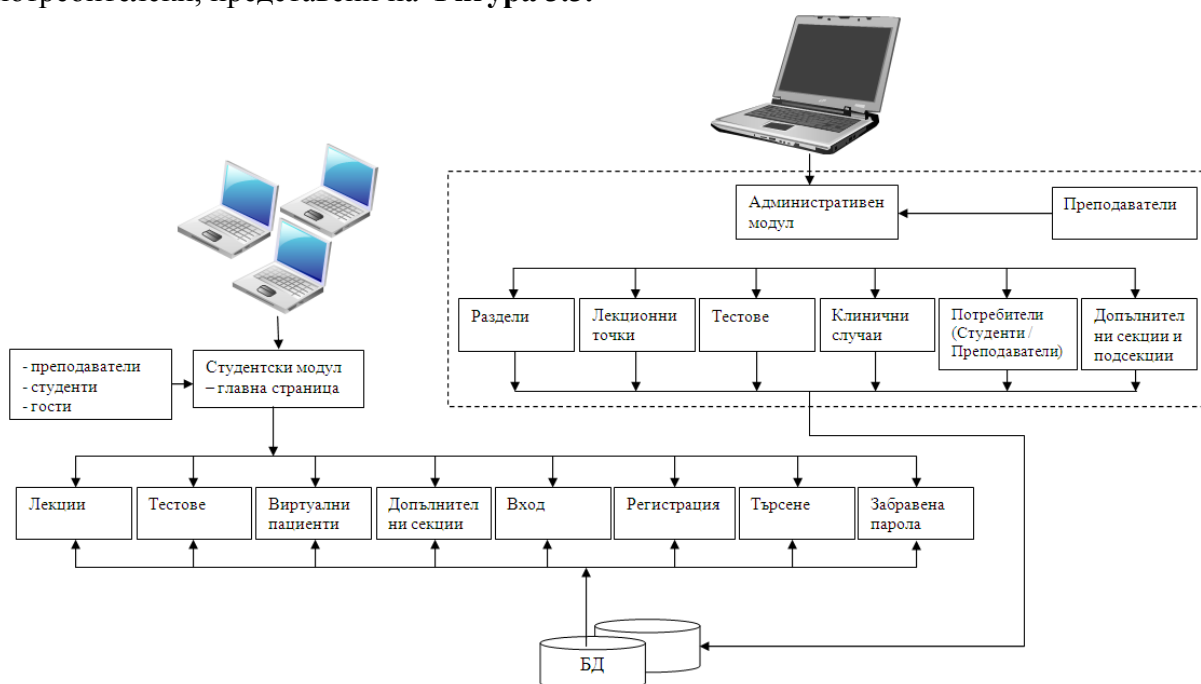
Цялото съдържание, управлявано и публикувано от системата се съхранява в база данни в която има информация за регистрираните потребители в системата, за катедрите и курсовете, за разделите на всеки курс, за съставните части на разделите: Лекции, Тестове и Виртуални пациенти, за въпросите в тестовете и симулациите, както и за техните отговори и други помощни елементи. Системата позволява използването на различни типове въпроси в тестовете с различна комбинация от съставни елементи.

Проектиране на Web архитектурата на системата

Принципът на действие на системата е базиран на архитектурния модел „клиент-сървър” с три взаимосвързани йерархични нива: ниво на представяне, приложно ниво и ниво за обработка на данни. За реализацията на първото функционално ниво – потребител – се използва обикновен браузер, второто ниво е изградено под Linux операционна система и се реализира чрез Web сървър, който обслужва информационната система. Избран е Web сървърът Apache, а като обработваща програма се използва PHP интерпретатор за програмните модули от страна на сървъра. Третото ниво е нивото на базата данни. Използва се MySQL като база от данни за съхранение на информацията. За създаването и администрирането на базата данни се използва приложението phpMyAdmin.

Проектиране на системата като съвкупност от модули

Системата за Web базирано обучение се състои от два интерфейса – административен и потребителски, представени на **Фигура 3.3**.

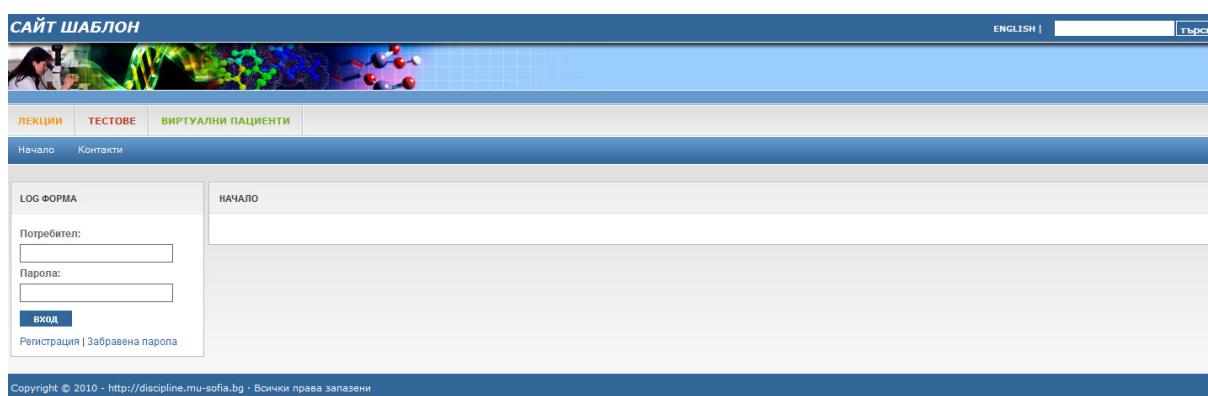


Фигура 3.3: Структурна схема на модулите на системата и връзката между тях

Всеки един от тях е удобен, лесен за използване и интерактивен за всички потребители - гости, студенти, преподаватели, администратори. Системата е гъвкава и отворена - независима от операционна система, съвместима с широко използваните браузъри, съвместима с други Web приложения, плъгини и др. Тя е независима от конкретното съдържание на дисциплината и осигурява бърз и лесен достъп до всяка част от нея.

Описание на потребителския интерфейс на системата

Интерфейсът, предназначен за използване от студентите се състои от три основни модула - "Лекции", "Тестове" и "Виртуални пациенти". Всички страници в тези модули са динамично оформени. Няма ограничения за броя при създаването на нови модули и в сайта на медицинска биохимия е добавен модулът „Виртуални модели”. Освен това е предоставена възможност за търсене, регистрация на потребители с различни права и контролиран достъп до системата. Също така е възможно да се добавят допълнителни секции и под-секции, съдържащи полезна информация, като речник по дисциплината и помощни материали: конспекти, разписания, литература, списък на преподаватели и др. Този интерфейс предоставя на студентите възможност за достъп до лекциите като източник на знания, достъп до тестове като (само)-оценка на теоретичните знания и достъп до решаване на клинични казуси като възможност за добиване и подобряване на професионалните си умения. На **фигура 3.4** е представена главната страница на потребителски интерфейс.



Фигура 3.4 Начална страница на потребителски интерфейс

Модул „Лекции” – Този модул служи като източник на основни знания. При избор на модул „Лекции”, в лявата част на екрана, потребителят може да види списък със заглавията на разделите (съдържание на курса). Всяко заглавие на раздел е връзка към съдържанието му, което се визуализира в дясната част на екрана. Съдържанието на всеки раздел включва лекции. Всяка лекция се състои от теми и подтеми. Всяко заглавие на тема е връзка към съответната лекционна точка на раздела. Студентите могат лесно да намерят необходимата тема и да я използват, за да обогатят своите знания. Също така има възможност за разпечатване на целия раздел.

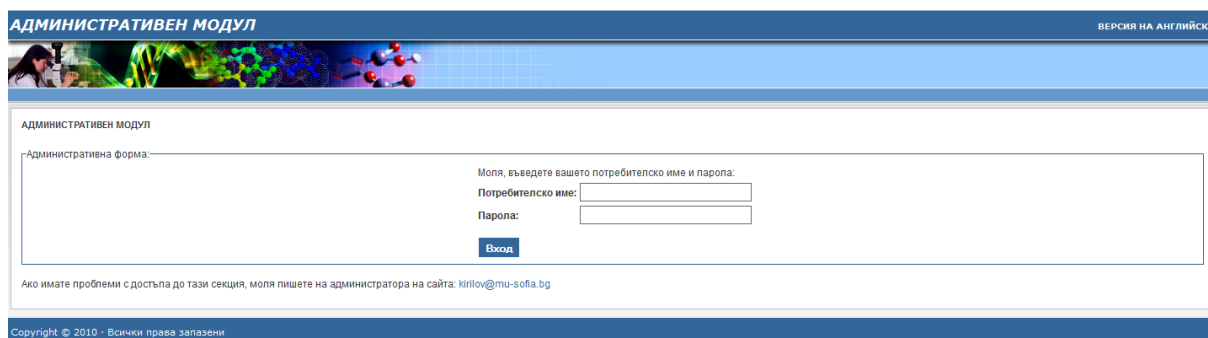
Модул „Тестове” – Този модул дава на студентите възможност за (само) оценка на теоретичните им знания. Главната страница на този модул дава възможност за избор между няколко типа тестове - примерни, изпитни и реални. При избор на реален или изпитен тест, програмата изисква регистрация. За да се стартира и проиграе изпитен тест, освен регистрация, е нужно на студента да му бъде дадени специално разрешение от преподавател. При условие, че студентът е регистриран и неговият акаунт е активиран от преподавател, в дясната част на екрана се визуализира списък с тестове от избрания тип и студентът може да направи своя избор. Заглавието на тестовете е дефинирано като въпрос с предложени отговори. Тестовете позволяват различни режими на представяне на въпросите: последователно или случайно в рамките на целия тест и последователно или случайно в избрана част от теста. Разнообразните типове въпроси (избор от предложени отговори, запълване на празнини, ранкиране, намиране на съответствие между елементи на две групи,

изискващи свободен отговор) се оценяват автоматично от системата. Различават се четири типа отговори: верен, непълен, неточен, погрешен. Теглата на верните отговори са положителни числа, а на погрешните – отрицателни. Това осигурява по-добра диференциация на отговорите. Оценката на въпроса се формулира като аритметична сума от теглата на избраните отговори. След като студентът прави своя избор на отговор след всеки въпрос се представя оценка, коментар, верните отговори и резултата от всички проиграни въпроси. Това осигурява постоянна обратна връзка със студента. Накрая на теста, ако студентът не е получил отличен резултат му се предоставя възможност за повторно проиграване на въпросите със сгрешен отговор. Крайната оценка се формира като сума от оценките на всички проиграни въпроси от избрания тест. Накрая, на финалния екран се представят името на потребителя, крайната индивидуална оценка от проиграния тест, максималната възможна оценка, процентното съотношение на оценката и друга детайлна информация. След това студентът има възможност да се върне и да избере друг тест за проиграване или друг модул от системата. Във всички тестове, с изключение на изпитните тестове, има възможност тестът да се прекъсне във всеки един момент т.е след всеки въпрос, не само накрая на теста. Съществува възможност за регулиране на времето за отговор индивидуално при всеки въпрос в избран тест.

Модул „Виртуални пациенти” - Този модул улеснява добиването и подобряването на професионалните умения на студентите за решаване на клинични случаи. Симулациите на клинични случаи са специализирани тестове, чиято цел е решаване на клиничен проблем. Въпросите следват съобразно логическия ред за решаване на случая. Поради това системата дава възможност връщане към текущия или предходен въпрос. Това позволява различни развръзки в зависимост от плана на преподавателя и уменията на студента. Решавайки клиничен случай, на студента се предоставя възможност да избере от предложени решения или да даде свое собствено решение на текущия въпрос. Всеки отговор е придружен едновременно с коментар и се оценява, но самата оценка се показва само на финалния екран, а не след всеки отговор, както е при теоретичните тестове. За всеки един случай има и специфична страница в помощ на студента, както и страница с история на заболяването на пациента. Тези страници са постоянно активни в модула. Прекратяването на симулацията на клиничен случай и избор на друг модул от системата е възможно по всяко време на проиграване на казус.

Описание на административен интерфейс на системата

Използвайки административния интерфейс (**фигура 3.14**), преподаватели без умения в програмирането, могат лесно да публикуват лекции като източник на знания, интерактивни тестове за (само) оценка на теоретични знания и интерактивни виртуални пациенти за решаване на клинични казуси. Само регистрирани преподаватели или администратори (преподаватели с административни права) могат да използват този модул. Неоторизираните потребители като гости, студенти или нерегистрирани преподаватели нямат достъп до този модул. Системата дава възможност за вмъкване на мултимедийни файлове, флаш файлове, различни изображения и файлове с документи, създаване на връзки в рамките на и между отделните секции на курсовете или външни източници, на тестови въпроси, управление на менюта и под-менюта. Изпълнението на много от тези операции е възможно благодарение на текстов редактор, който е интегриран в системата.



Фигура 3.14 Начална страница на административен интерфейс

Използването на административния интерфейс позволява:

- Създаване, редактиране и изтриване на раздели;
- Създаване, редактиране и изтриване на лекционни теми;
- Създаване, редактиране и изтриване на тестове;
- Създаване, редактиране и изтриване на симулации на клинични случаи;
- Създаване, активиране, деактивиране и изтриване на потребители (студенти и преподаватели) на системата;
- Справка, по отношение на представяне на студентите или качество на въпросите. Справката е възможна само за тестове от тип изпитни;
- Добавяне, редактиране и изтриване на катедри и курсове;
- Добавяне на инструкции за работа със системата;
- Изтриване на картинки от лекции, тестове и виртуални пациенти;
- Изтриване на файлове;
- Добавяне, редактиране и изтриване на секции и подсекции от главно и второстепенно меню в системата;
- Редактиране и изтриване на името на дисциплината, за която се създава конкретния курс за Web-базирано обучение.

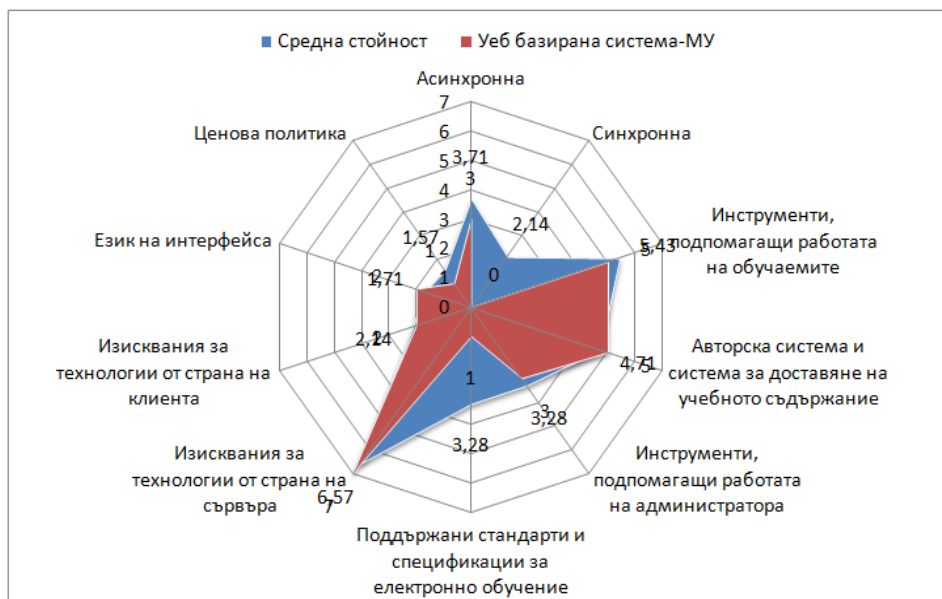
3.3 Сравнение на разработената система с други български и чужди системи в областта на електронното обучение

Представено е сравнение на възможностите между някои от разгледаните в глава първа системи за електронно обучение и разработената система за Web-базирано обучение в дисертационния труд (**таблица 3.2**). Целта на направеното сравнение е не да покаже, че системата е по-добра от посочените универсални системи за електронно обучение, а да посочи, че тя е съизмерима и се доближава до голяма степен по основните си качества на едни от най-добрите решения в областта на електронното обучение. Сравнението е направено по критерии, базирани на независими експертни изследвания.

От представените резултати на базата на направеното сравнение в **таблица 3.2** от дисертационния труд се вижда, че разработената система не отстъпва по основните си качества на най-добрите решения в тази област и притежава необходимите средства за провеждане на ефективно електронно обучение. Резултатите са визуализирани чрез радарна диаграма на **фигури 3.19** и **3.20** от дисертационния труд. Критериите, върху които трябва да се наблегне при бъдещо развитие на системата са синхронните системи за комуникация и поддържаните стандарти и спецификации за електронно обучение.

На радарната диаграма от **фигура 3.20** е илюстрирано сравнението на разработената система за Web-базирано обучение с всички останали системи посочени в **таблица 3.2**, като

бяха изчислени средните стойности за всеки от критериите. От диаграмата се вижда, че разработената система изпълнява до голяма степен критериите, характерни за универсална Web - базирана система за управление на обучението и има голям потенциал за бъдещо развитие.



Фигура 3.20 Сравнение на възможностите на системата с други системи за електронно обучение

3.4 Изводи

Дефинирани са изискванията към системата, като на базата на тези изисквания се осъществява нейното проектиране и реализиране. Представен е релационният модел на базата данни. Следвайки този модел е направена физическата реализация на базата от данни. Принципът на действие на системата е базиран на архитектурния модел „клиент-сървър” с три взаимосвързани йерархични нива. Информационните процеси, на които е базирано разработването на програмните модули, са описани чрез сценарии на действието и на работата им.

Системата се състои от два интерфейса: административен и потребителски (студентски). Всеки от тях е удобен, лесен за използване и интерактивен за всички потребители - гости, студенти, преподаватели, администратори.

Съобразена е с основни принципи на препоръчителни международни стандарти обобщени като многократна използваемост, управляемост на информацията за потребителите и учебното съдържание, достъпност, дълготрайност – възможност за развитие на системата с развитие на технологиите и възможност за взаимодействие между различни системи. Притежава възможност за планиране и организиране на обучението чрез публикуване на всички необходими за студентите документи.

Системата изпълнява и важни функции, специфични за Медицински Университет - София, като например възможността за публикуване, редактиране и ползване на виртуални пациенти и виртуални модели.

При направен сравнителен анализ на възможностите на разглежданата система за Web-базирано обучение с тези на известните софтуерни платформи се вижда, че системата е сравнима по основните си качества с най-добрите решения в тази област и притежава необходимите средства за ефективно провеждане на електронно обучение.

Глава четвърта: Оптимизиране на информационни процеси

4.1 Увод

В глава четвърта от дисертационния труд се представят резултатите от направеното експериментално приложение на подхода за количествена оценка на качеството и ефективността на Web-базирана система за обучение по медицински дисциплини. Описва се начинът, по който е проведено анкетирането на участниците в оценяването. Посочват се целите за провеждането му. Анализират се и се описват подробно резултатите от направените изследвания, като се въвеждат в таблици и се визуализират чрез диаграми. Въз основа на направената оценка на системата и решаването на оптимизационна задача, чрез която се оценява потенциала на експертните мнения, се определят по кои показатели ще се извърши оптимизация на процесите, свързани с работата на отделните модули с цел подобряване и увеличаване на възможностите на системата, но без да се усложнява работата с нея.

4.2 Подход за оценка качеството и ефективността на системата за Web-базирано обучение

В основата на разглеждания подход е един от методите за определяне на тегловни коефициенти по мнения на експерти. Методът на експертните оценки, се основава на анкетиране на специалисти в дадената проблемна област и обработване на получените резултати. В настоящето изследване се предлага подход, базиран на метода на експертните оценки посредством изпълнение на следната последователност от стъпки: етапи на реализация на подхода; определяне на система от показатели за оценка на качеството и ефективността на системата; определяне на тегловни коефициенти на показателите; изчисляване на тегловните коефициенти на показателите; дефиниране и решаване на задачата за оптимизация на процесите; графично представяне на резултатите.

Етапи на реализация на подхода

Първи етап: Оценката се извършва от експерти, специалисти в областта на софтуерните технологии. Определя се списък от показатели за количествена оценка на качеството на системата на базата на стандарта ISO 9126 за качество на софтуерни продукти. След това се изчислява оценката на всеки анкетиран експерт и се определят тегловните коефициенти. Дефинира се и се решава оптимизационна задача за оценяване на потенциала на експертните мнения и на база получените резултати се вземат решения за извършване на технологично и структурно подобряване на системата.

Втори етап: Оценката се извършва от преподаватели от институцията, която ползва системата. Определя се списък от дидактически показатели, изчислява се оценката на анкетираните и се определят тегловните коефициенти. На базата на този списък от показатели се прави оценка на ефективността на системата. Под ефективност се визира възможността системата да изпълнява поставените ѝ цели и изисквания. Дали е достатъчно лесна за изучаване, усвояване и експлоатация. Да се установи дали тя е достатъчно универсална, че да е възможно използването ѝ от други дисциплини и курсове в МУ-София и други университети в тази област. Резултатите се обработват, правят се заключения относно получените резултати и се вземат решения за подобряване на състоянието на системата.

Определяне на система от показатели за оценка на качеството и ефективността на системата

Определени са две групи от показатели (таблица 4.1):

- Показатели за оценка на качеството на системата на базата на стандарт ISO 9126 за оценка на качеството на софтуерни продукти;
- Дидактически показатели за оценка на ефективността на системата, базирани на мнения и препоръки на преподаватели от институцията, използваща информационната система.

Таблица 4.1 Показатели

Софтуерни показатели по стандарт ISO 9126	Дидактически показатели
- Функционалност (удачност, точност, взаимоработоспособност, сигурност, съгласуваемост) - Безотказност (отработеност, отказоустойчивост, възстановяемост, съгласуваемост) - Използваемост (разбираемост, изучаемост, манипулативност, привлекателност, съгласуваемост) - Продуктивност (продуктивност по време, продуктивност по ресурси, съгласуваемост) - Обслужваемост (анализируемост, изменяемост, стабилност, изпитваемост, съгласуваемост) - Преносимост (приспособимост, инсталируемост, съвместно съществуване, заменимост, съгласуваемост)	- Степен на логическа последователност на учебния материал; - Свързаност на компонентите на учебния материал; - Насърчаване за критично мислене и креативност; - Връзка с други ресурси за допълнителна информация за изучавания проблем; - Използване на различни мултимедийни компоненти; - Наличие на речник на използваните термини в лекционния материал; - Наличие на търсеща машина в основните модули.

Определяне на тегловни коефициенти на показателите

Етапите, през които преминава оценяването на системата са следните:

- Изучаване на процеса и избор на показателите за качество и ефективност на системата;
- Определяне на степента на компетентност на анкетираните;
- Съставяне на две анкетни карти, които включват:
 - Списък с показатели (критериите) за оценка на качеството и за оценка на ефективността на системата, като всеки анкетиран може да отбележи и даде своята оценка по предварително зададена скала;
 - Информация за компетентността и източника на аргументация на отделните експерти, участващи в анкетирането.
- Определяне на кръга от специалисти и провеждане на анкетирането;
- Изчисляване на коефициента на съгласие между анкетираните и проверка на значимостта му;
- Изчисляване на тегловните коефициенти на показателите на качеството и ефективността;
- Анализ на резултатите и графичното им представяне чрез диаграми.

За всеки един показател от анкетната карта се изчисляват съответните точки, образуващи оценката на анкетирувания експерт, на базата на следното процентно съотношение $\frac{100\%}{x}$, където x е съответния брой на атрибутите на отделните показатели. Вземайки предвид предварително зададената скала (Скала: Слаб = 2; Добър = 4; Силен = 6; Не мога да преценя

= 0), резултатите от направените изчисления се въвеждат в **таблица 4.2** от дисертационния труд и се визуализират чрез Ріе-диаграма за всеки един показател.

Степента на компетентност на всеки един от анкетираните се определя чрез израза:

$$C = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{R}, \quad (27)$$

където $0 < a_1 \leq 12$; $0 < a_2 \leq 12$; $0 < a_3 \leq 12$ и R е броят на експертите.

Съгласно **таблицы 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8** от дисертационния труд коефициентите a_1 , a_2 , a_3 се определят съответно от заеманата длъжност на всеки експерт, опит в годините от работа в определената област и източника на неговата аргументация.

Изчисляване на тегловните коефициенти на показателите

На R на брой експерти се предлага да дадат своето мнение и оценка на качеството и ефективността на информационна система, като се вземат под внимание m показатели (целеви параметъра) чрез анкетен лист. Получените резултати се записват в тегловна матрица (**табл. 4.9**). Всяко число в тегловната матрица a_{ij} определя оценката (теглото), която експертът i приписва на показателя (целевия параметър) j .

Таблица 4.9 Тегловна матрица

Експерти	Ex_1	Ex_2	Ex_3	....	Ex_i	....	Ex_R	S_j	S_{jav}	δ_j	V_j	W_j
Показатели												
y_1	a_{11}	a_{21}	a_{31}	....	a_{i1}	....	a_{R1}	S_{i1}	S_{iav1}	δ_1	V_1	W_1
y_2	a_{12}	a_{22}	a_{32}	....	a_{i2}	....	a_{R2}	S_{i2}	S_{iav2}	δ_2	V_2	W_2
....												
y_j	a_{1j}	a_{2j}	a_{3j}	....	a_{ij}	....	a_{Rj}	S_{ij}	S_{iavj}	δ_j	V_j	W_j
....												
y_m	y_{1m}	y_{2m}	y_{3m}	....	y_{im}	....	y_{Rm}	S_{im}	S_{iavm}	δ_m	V_m	W_m

- Изчисляване на сумата от оценките на всички експерти S_j за всеки един показател по формулата:

$$S_j = \sum_{j=1}^R a_{ij} \quad (28)$$

Където a_{ij} е оценката на i -ия експерт за j -ия показател, R -броят на експертите.

- Изчисляване на средната стойност на групата от експерти S_{jav} за всеки показател по формулата:

$$S_{jav} = \frac{1}{R} \sum_{j=1}^R a_{ij} \quad (29)$$

- Изчисляване на средната сума от всички точки (оценки) S_{av} [109]

$$S_{av} = \frac{R(m+1)}{2} \quad (30)$$

- За определяне степента на съгласуване на мненията на експертите се определя отклонението δ_j по формулата:

$$\delta_j = S_j - S_{av} \quad (31)$$

- Изчислява се коефициентът на съгласие w_k , по формула, предложена от Морис Кендал [109]:

$$w_k = \frac{12 \sum_{j=1}^m \delta_j^2}{R^2(m^3 - m)} \quad (32)$$

- Изчислява се коефициентът на вариация V_j , характеризиращ съгласуваността на оценките на експертите, участващи в анкетата, за отделните показатели:

$$V_j = \frac{(Rm - S_j)}{Rm - R} \quad (33)$$

Колкото е по-голяма стойността на V_j , толкова по-ниска е степента на съгласуваност на мненията на експертите и обратно.

- Проверка на значимостта на коефициента на съгласие:

Коефициентът на съгласие w_k може да се изменя от 0 при пълна несъгласуваност в мненията до +1 при пълна съгласуваност [109]. Оценка на значимостта на изчисления коефициент w_k може да стане по χ^2 -критерий при $m > 7$ [22] или по Z -критерия на Фишер при $m < 7$ [22].

При $m < 7$ се изчислява величината:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{(R-1)w_k}{1-w_k} \quad (34)$$

Ако е изпълнено условието $Z > Z_{\text{табл}}(\alpha, v_1, v_2)$, коефициента на съгласие w_k е значим. $Z_{\text{табл}}(\alpha, v_1, v_2)$ се взема от таблица (Приложение 1) при степени на свобода

$$v_1 = m - 1 - \frac{2}{R} \quad (35)$$

$$v_2 = (R-1)v_1 \quad (36)$$

α е ниво на значимост, което отговаря на доверителна вероятност $\beta=1-\alpha$.

При $m > 7$ се изчислява величината:

$$\chi_{\text{изч}}^2 = R(m-1)w_k \quad (37)$$

Коефициентът на съгласуваност w_k е значим, ако $\chi_{\text{изч}}^2 > \chi_{\text{табл.}}^2(\alpha, v)$

$\chi_{\text{табл.}}^2$ се взема от таблица (Приложение 2) при степени на свобода v и ниво на значимост α (доверителна вероятност $\beta=1-\alpha$).

- Изчисляване на тегловните коефициенти за всеки показател:

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad (38)$$

За така получените тегловни коефициенти е изпълнено условието

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1 \quad (39)$$

- Получените резултати се изобразяват графично чрез диаграми.

Прилагайки изложения подход за оценка на качеството и ефективността се постигат следните предимства:

1. Предложеният подход е ориентиран към случаите, когато се прави количествена оценка на качеството на програмен продукт, включващ работните процеси на отделните модули, за да се вземат оптимални решения при реализирането на системата с оглед удовлетворяване на изискванията на потребителите във възможно най-кратък срок.
2. Като основни критерии за качеството са използвани характеристики, базирани на основния стандарт ISO 9126 за оценяване на качеството на софтуерните продукти, но подходът не ограничава използването и на други критерии.
3. Повишава предсказуемостта на софтуерния продукт и понижава разходите на финанси и ресурси.
4. Данните се получават по експертен път, като подходът дава възможност за минимизиране на субективния фактор от мненията на специалистите, участващи в оценката, като се определя степента им на компетентност посредством таблици **4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8** от дисертационния труд.
5. Възможно е прилагането на подхода за различни софтуерни продукти в областта на Web-базираните приложения, като се отчетат особеностите на всяка от тях.

Получените резултати се визуализират графично чрез два типа диаграми. Резултатите от оценките на всеки един експерт поотделно се визуализират чрез Pie-диаграма. Крайните резултати, базирани на данните от тегловната матрица (**таблица 4.9**), се визуализират чрез Column-диаграма.

4.3 Приложение на предложения подход за количествена оценка на качеството и ефективността на системата

На базата на описания подход в глава втора от дисертационния труд за количествена оценка на качеството и ефективността на система за управление на съдържанието, е направена оценка на система за Web-базирано обучение. Системата е интегрирана на сървър в Медицински Университет-София. Анкетирани са специалисти от четири фирми в областта на софтуерните и информационни технологии – MentorMate, Perceval България ЕООД, Kostal България ЕООД, Информационно обслужване – Варна, и два български университета, занимаващи се с електронно обучение – Медицински университет – София и Икономически университет – Варна. Броят на участниците е съответно 15 експерти от областта на софтуерните технологии и 13 експерти в областта на електронното обучение. За проведения експеримент, на всеки един участник в анкетирането му бе предоставен пълен достъп до оценяваната система, както и съответните анкетни карти, чрез които всеки един от тях да даде своята оценка и мнение за системата (приложения 3 и 4). Анкетните карти са две. Първата е съставена на база показатели включени в стандарт ISO 9126 за качество на софтуерни продукти. Показателите са шест на брой като всеки един от тях включва определен брой въпроси с предложени отговори. Тази анкетна карта е насочена към специалисти в разработването на софтуерни приложения. Втората анкетна карта е съставена на база дидактически показатели, съгласувани с експерти в областта на електронното обучение. Състои се от седем въпроса с предложени отговори свързани с оценяване ефективността на системата от гледна точка на потребителското мнение.

Провеждането на експериментите в дисертационния труд имат няколко цели. Първата цел е да се получат мнения от страна на експерти, разработващи софтуерни приложения, които биха имали важна роля при по-нататъшно технологично и структурно подобряване и развитие на системата.

Втората цел е да се получат мнения от страна на потребителите на системата (студенти и преподаватели), които биха имали важна роля при определяне на ефективността на системата. Мненията на преподавателите имат съществено значение за по-нататъшно разширяване на системата с цел насърчаване на критичното мислене и креативност на студентите.

Третата цел е да се установи дали системата е достатъчно универсална, че да е възможно използването ѝ от други дисциплини и курсове в МУ-София и други университети.

4.4 Резултати от оценяването на системата

Резултати от приложение на предложения подход за количествена оценка на качеството на системата на база показатели по стандарт ISO 9126

На $R=15$ на брой експерти се предлага да дадат своето мнение и оценка на качеството на система за Web-базирано обучение, като се вземат под внимание $m=6$ показатели (целови параметъра) чрез анкетна карта (**Приложение 3**). За всеки един показател от анкетната карта се изчислява съответната оценка на базата на следното процентно съотношение $\frac{100\%}{x}$, където x е съответния брой на атрибутите на отделните показатели. Вземайки в предвид предварително зададената скала (Скала: Слаб = 2; Добър = 4; Силен = 6; Не мога да преценя = 0), резултатите от направените изчисления са въведени в **таблицы 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24** от дисертационния труд и се визуализират чрез Pie-диаграма за всеки един показател. Така получените резултати се записват в тегловна матрица (**таблица 4.25**) и се визуализират графично чрез column-диаграма. На базата на получените резултати се оптимизира системата с оглед удовлетворяване на изискванията на потребителите.

Степента на компетентност на анкетираните експерти, определена чрез израза:

$$C = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{R}, \text{ където } R=15 \text{ е броят на експертите (Приложение 5).}$$

Резултатите от анкетирането са обобщени в **таблица 4.25**. Средната сума от всички точки (оценки), определена по формула (30) е: $S_{av} = 52,5$.

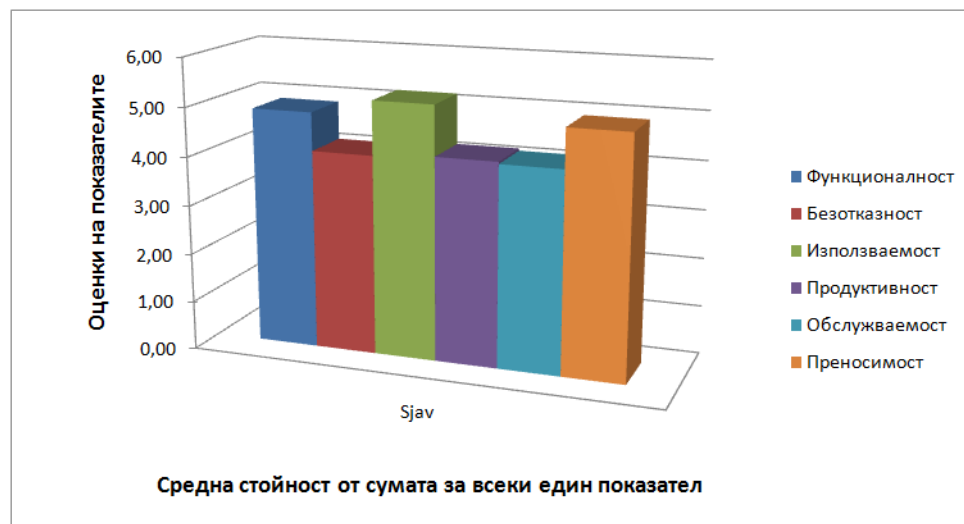
Въз основа на данните от **таблица 4.25** са изчислени сумата от оценките на всички експерти S_j за всеки един показател по формула (28), средната стойност на групата от експерти S_{jav} за всеки показател по формула (29) и отклонението δ_j за степента на съгласуване на мненията на експертите по формула (31) и резултатите са дадени в същата таблица. Коефициентът на съгласие по формула (32) се получава: $w_k = 2,36$.

Значимостта на w_k се проверява по Z - критерия на Фишер по формула (34) и се получава: $Z = 1,595$.

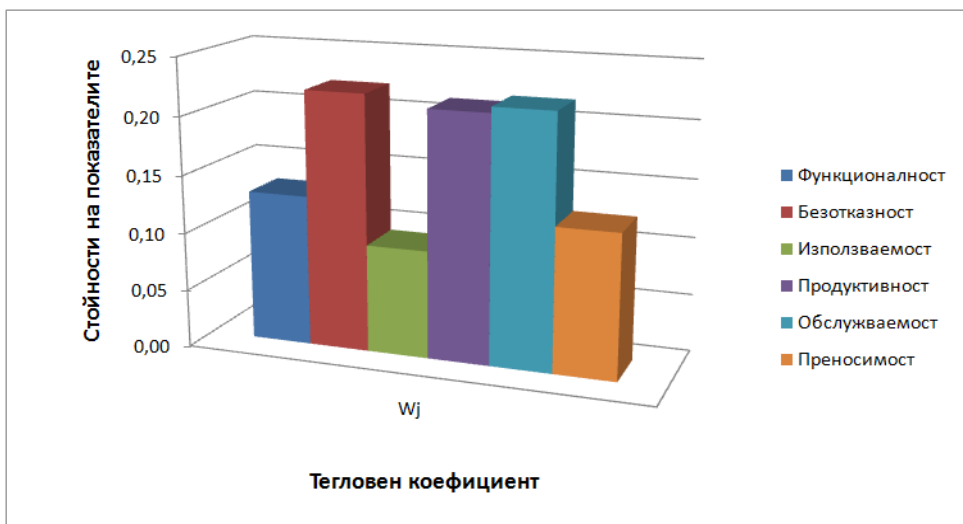
Тегловните коефициенти W_j са пресметнати по формула (38), където V_j е коефициентът на вариация, характеризиращ съгласуваността на оценките на експертите и се изчислява по формула (33). Резултатите са дадени в **таблица 4.25**. От **фигура 4.3** става ясно, че системата е оценена най-високо по критерии Използваемост, Функционалност и Преносимост. Изчислените тегловни коефициенти, представени графично на **фигура 4.4**, показват, че системата е оценена най-ниско по критерии Безотказност, Обслужваемост и Продуктивност.

Таблица 4.25 Тегловна матрица

Експерти Показатели	Ex_1	Ex_2	Ex_3	Ex_4	Ex_5	Ex_6	Ex_7	Ex_8	Ex_9	Ex_{10}	Ex_{11}	Ex_{12}	Ex_{13}	Ex_{14}	Ex_{15}	S_j	S_{jav}	δ_j	V_j	W_j
Функционалност	4,4	5,6	6	6	5,6	6	6	5,2	4,8	3,2	3,2	3,2	3,2	5,6	5,2	73,20	4,88	20,70	0,22	0,13
Безотказност	5,5	5,5	3	4	5,5	6	5	4,5	4,5	2	3,5	3	5	0	4,5	61,50	4,10	9,00	0,38	0,22
Използваемост	5,2	5,6	6	5,6	5,6	5,6	6	5,6	5,2	5,2	4,4	4	4,4	5,2	4,4	78,00	5,20	25,50	0,16	0,09
Продуктивност	5,333	5,333	4,666	4	5,999	5,333	5,999	4	2,666	2,666	2,666	4,666	4,666	2	2,666	62,66	4,18	10,16	0,36	0,21
Обслужваемост	5,6	5,6	3,6	5,2	5,6	5,6	5,2	4,4	3,2	2,4	2,4	2,8	3,6	1,6	5,2	62,00	4,13	9,50	0,37	0,22
Преносимост	4	5,6	2,4	5,6	6	5,6	6	5,2	4,8	5,2	4	2,8	5,2	6	5,6	74,00	4,93	21,50	0,21	0,12



Фигура 4.3 Графично представяне на резултатите за средната стойност на групата от експерти за всеки показател



Фигура 4.4 Графично представяне на резултатите на тегловния коефициент за всеки показател

Дефиниране на задачата за оптимизация на процесите на база софтуерни показатели по стандарт ISO 9126

Изследванията в дисертационния труд целят да се оцени потенциала на експертните мнения и да се определи в каква посока може да се подобряват характеристиките на информационната система. Оценяването на този потенциал е извършено чрез дефиниране и решаване на съответна оптимизационна задача. Като параметри на тази задача са използвани изчислените стойности на експертните мнения като теглови коефициенти, корелационни коефициенти обобщени в **таблица 4.25**.

Разработени са две оптимизационни задачи.

Задача 1:

Оценява се доколко може да се подобрят характеристиките на информационната система като се приеме отклонение от средните стойности, определени от експертните мнения.

Целевата функция на Задача 1 е дефинирана в следния вид:

$$\max_x \left\{ \sum_{j=1}^6 (x_j - \bar{x}_j)^2 W_j \right\} \quad (40)$$

Аргументът x има съдържание на промяна на j -ти критерий за оценка спрямо оценената средна стойност $\bar{x}_j$, така че сумарният ефект от промяната да има максимална стойност. Използват се коефициентите W_j , които са теглови коефициенти за важност на отделните показатели, определени от експертните оценки.

За ограничения на оптимизационната задача са дефинирани връзки между отделните критерии, които си влияят при съвместната оценка на информационната система. Например, критериите $j=1, 5$ съвместно са включени в общата оценка, но те си влияят съгласно определените коефициенти на вариация V_j . Така се дефинира ограничението (40а). Дясната част на ограничението определя, че оценките могат да се съгласуват в системата, формализирано чрез относителна единица.

$$V_1 x_1 + V_2 x_2 + V_3 x_3 + V_4 x_4 + V_5 x_5 + V_6 x_6 \geq 1 \quad (40a)$$

Допълнително са включени връзки между критериите $j=1, 3, 4$ (функционалност, използваемост и продуктивност). Физическото съдържание на това ограничение е, че промяната на критерий $j=1$ (функционалност) ще повлияе на критерии $j=3, 4$ (използваемост и продуктивност). Влиянието между критериите количествено прилага тегловите коефициенти W_j , получени от оценките на експертите. Дясната част на ограничението определя, че оценките се съгласуват в системата, формализирано чрез относителна единица. Ограничението има аналитичен вид (40б),

$$W_1 x_1 + W_3 x_3 + W_4 x_4 \geq 1 \quad (40б)$$

Аналогични формални записи са приложени за критериите $j=2, 3, 5$ (безотказност, използваемост и обслужваемост), което е представено със зависимост (40в),

$$W_2 x_2 + W_3 x_3 + W_5 x_5 \geq 1 \quad (40в)$$

а за критериите $j=3, 6$ (използваемост и преносимост) се дефинира ограничението (40г),

$$W_3 x_3 + W_6 x_6 \geq 1 \quad (40г)$$

Общият аналитичен вид на дефинираната задача за оптимизация е:

$$\max_x \left\{ \sum_{j=1}^6 (x_j - \bar{x}_j)^2 W_j \right\} \quad (41)$$

$$V_1x_1 + V_2x_2 + V_3x_3 + V_4x_4 + V_5x_5 + V_6x_6 \geq 1$$

$$W_1x_1 + W_3x_3 + W_4x_4 \geq 1$$

$$W_2x_2 + W_3x_3 + W_5x_5 \geq 1$$

$$W_3x_3 + W_6x_6 \geq 1$$

$$x_j \geq 0$$

където

x_j определя стойността на критерии j , където $j=1 \dots 6$, който може да се изменя спрямо определените средни стойности, така че общата положителна промяна за системата да е максимална.

$\bar{x}_j$ е средна стойност на критериите за оценка, определени от експертното мнение, отговаряща на S_{jav} (таблица 4.25)

W_j - тегловни коефициенти, отразяващи тежестта на критериите, определени от експертното мнение

V_j - коефициент на вариация, характеризиращ връзката между критериите, определени от оценките на експертите

Ограниченията на задачата отчитат свързаността между отделните критерии съгласно оценките на експертите.

Решенията на оптимизационната задача определят потенциала за подобряване на информационната система по критерии $j=1 \dots 6$.

Оптимизационната задача е решена с програмния продукт MATLAB чрез неговата функция *quadprog*.

Функцията *quadprog* има следния вид:

$$\max_x \left[\frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right] \begin{cases} A \cdot x_j \leq b \\ Aeq \cdot x_j = beq \\ lb \leq x_j \leq ub \\ x_j \text{ е векторно число} \end{cases} \quad (42)$$

където Q , A , Aeq , R , b , lb , ub , са матрици, beq и x_j са вектори.

Задача (42) съгласно формата на MATLAB се представя във вида

$$x_j = \text{quadprog}(Q, R, A, b) \quad (43)$$

и съответно за разглеждания случай задача (42) добива вида

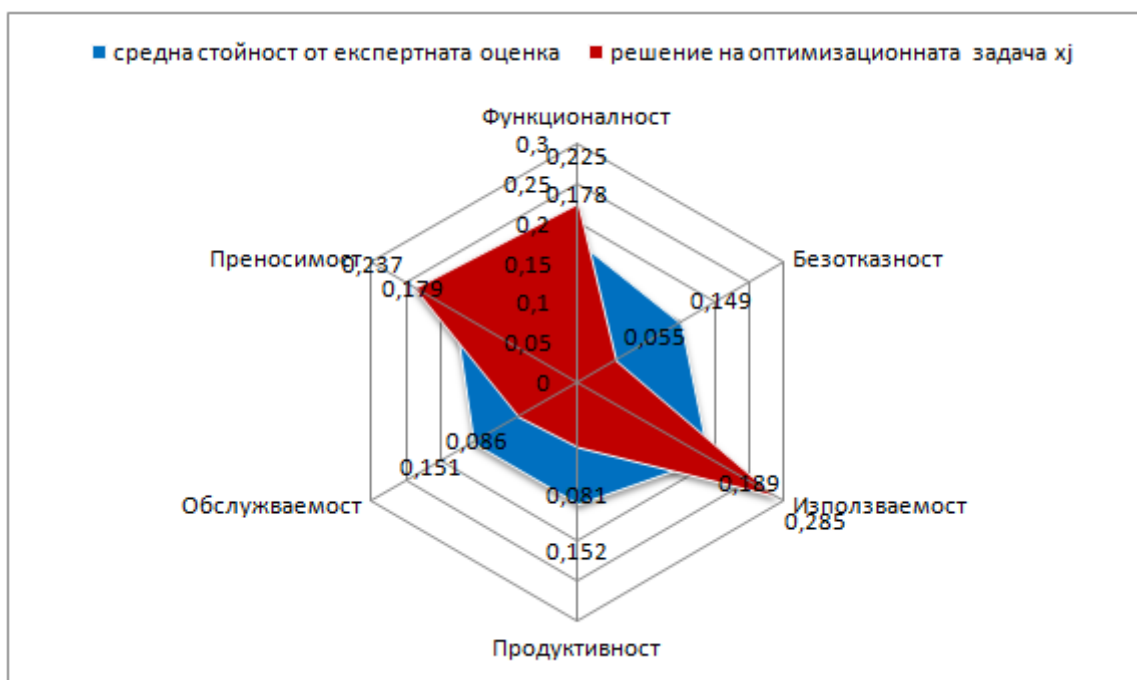
$$\max_x \left[\frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right], \text{ като } A \cdot x_j \geq b \quad (44)$$

Решенията на оптимизационната задача са представени в колони $\bar{x}_j$ и x_j на **таблица 4.26** от дисертационния труд, където

$\bar{x}_j$ е средна стойност от експертната оценка, отговаряща на S_{jav}

x_j е решението на оптимизационната задача и определя доколко може да се повиши стойността на критерия спрямо средните оценки, определени от експертите (потенциал на експертната оценка)

За нагледност резултатите от решената оптимизационна задача са представени посредством радарна диаграма, **фигура 4.5**:



Фигура 4.5: Сравнение между средна стойност от експертната оценка $\bar{x}_j$ и решението на оптимизационната задача x_j

На радарната диаграма е илюстрирано сравнение на получените резултати от мненията на експертите между средната стойност от експертната оценка $\bar{x}_j$ на критериите, базирана на стойностите на S_{jav} (със син цвят на диаграмата) и стойността на решението на оптимизационната задача x_j (с червен цвят на диаграмата). От резултатите на оптимизационната задача и съответно диаграмата следва, че по критерии функционалност, използваемост и преносимост съществува по-голям потенциал за подобряване на процесите и бъдещо развитие на системата в сравнение с другите критерии: безотказност, продуктивност и обслужваемост. Решението на оптимизационната задача показва, че за разработената информационна система за web- базирано обучение експертите считат, че някои от показателите са с по-голям приоритет отколкото други показатели. Количествено това се оценява чрез изчислените теглови коефициенти W_j . Получените решения на оптимизационната задача дават количествена оценка кои критерии могат да бъдат подобрявани при модифициране на информационната система. Това подобряване е препоръчително по критерии преносимост, функционалност и използваемост.

Задача 2:

Оптимизацията на информационната система е правена и при оценка доколко може да се подобри съществуващата система без да се намалят стойностите на критериите, които са оценени от експертите. Формално, в тази задача се поставя изискването стойността на критерия x_j да не се намали под стойността на средната стойност $\bar{x}_j$. Дефинираната задача (41) е модифицирана, за да се определи потенциала на експертните оценки за повишаване на средната стойност на оценките. Аналитичният запис на това ограничение е: $\bar{x}_j \leq x_j$

Задача (42) съгласно формата на MATLAB се представя във вида

$$x_j = \text{quadprog}(Q, R, A, b, A_{eq}, b_{eq}, l_b, u_b) \quad (50)$$

където, $A_{eq} = 0$ и $b_{eq} = 0$, тъй като не съществува равенство и съответно за разглеждания случай задача (42) добива вида

$$\max_x \left[\frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right], \text{ като } l_b \leq x \leq u_b \quad (51)$$

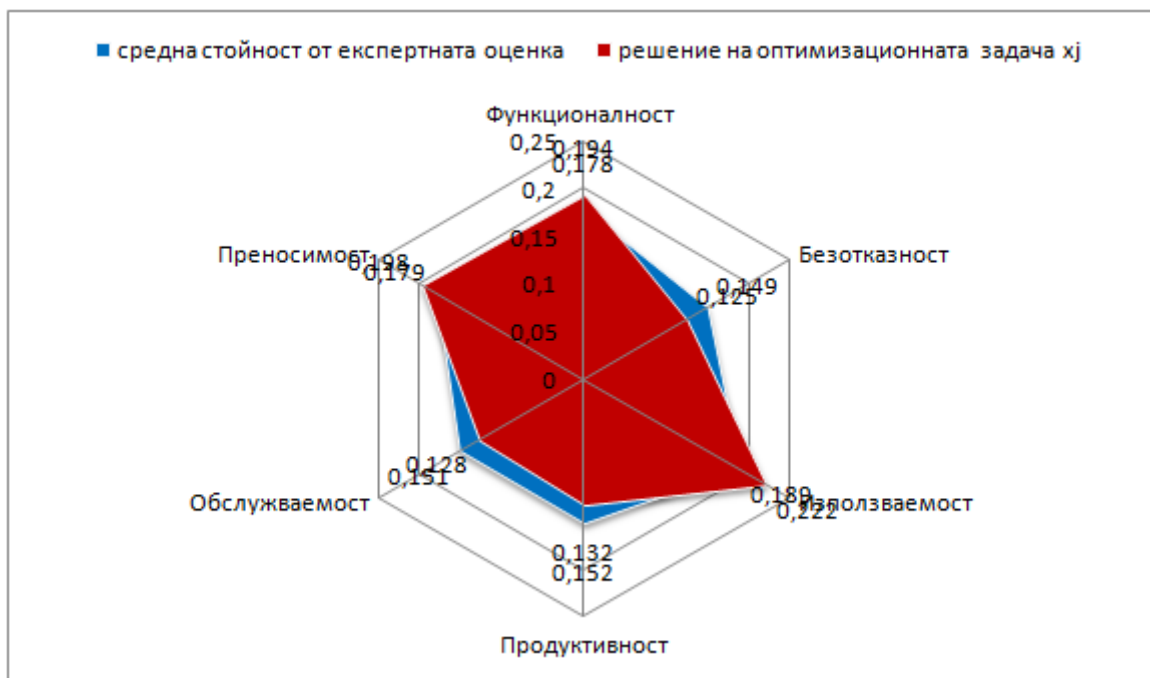
Където l_b и u_b са матрици като u_b е произволно избрана горна граница.

Решенията на оптимизационната задача са представени в колони $\bar{x}_j$ и x_j на **таблица 4.27** от дисертационния труд, където

$\bar{x}_j$ е средните стойности на критериите определени от експертните оценки, отговаряща на S_{jav}

x_j е решението на оптимизационната задача и определя доколко може да се повиши стойността на критерия спрямо средните оценки, определени от експертите (потенциал на експертната оценка)

За нагледност резултатите от решената оптимизационна задача са представени посредством радарна диаграма, **фигура 4.6**:



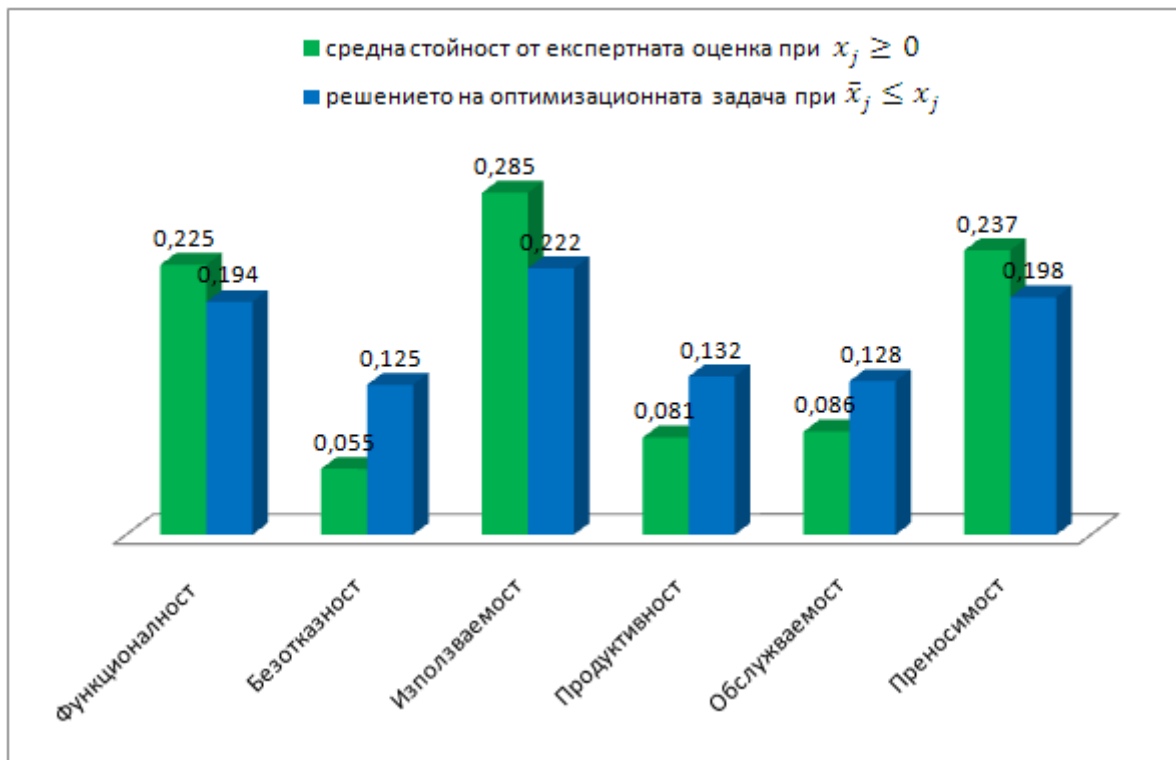
Фигура 4.6: Сравнение между средна стойност от експертната оценка $\bar{x}_j$ и решението на оптимизационната задача x_j

На радарната диаграма е илюстрирано сравнение на получените резултати от решението на оптимизационната задача x_j и изчислените средни стойности $\bar{x}_j$, определени от експертните мнения. Резултатите показват, че експертните мнения имат потенциал за увеличаване на стойностите на критериите използваемост, функционалност и преносимост. Това решение съвпада с полученото в Задача 1. Количествените изменения в Задача 2 са помалки защото е заложено изискване за запазване на критериите в малък диапазон около средните стойности $\bar{x}_j$.

Вземайки предвид получените резултати от радарните диаграми на **фигури 4.5 и 4.6** е направено сравнение между решенията на двете оптимизационни задачи (**фигура 4.7**). Със зелен цвят са решенията на задача (1), а със син цвят са решенията на задача (2). Вижда се, че критериите функционалност, използваемост и преносимост имат потенциал за повишение и при двете задачи. Но при Задача 2 критериите безотказност, продуктивност и обслужваемост

са в околността на изчислените средни стойности $\bar{x}_j$, определени от експертната оценка за разработената информационна система.

Резултатът от дефинирането и решаването на оптимизационните задачи показва, че сегашната информационна система може да бъде подобрявана по 3 от по-важните критерии за оценка. Експертното мнение съдържа потенциал за увеличаването на стойностите на тези критерии.



Фигура 4.7: Сравнение между решенията на двете оптимизационни задачи

Резултати от приложение на предложения подход за оценка на ефективността на системата на база дидактически показатели

На $R=13$ на брой експерти (преподаватели) се предлага да дадат своето мнение и оценка на ефективността на система за Web-базирано обучение, като се вземат под внимание $m=7$ показатели (целови параметъра) чрез анкетна карта (Приложение 4). За всеки един показател от анкетната карта се изчислява съответната оценка на базата на следното процентно съотношение $\frac{100\%}{x}$, където x е съответния брой на атрибутите на отделните показатели. Вземайки в предвид предварително зададената скала (Скала: Слаб = 2; Добър = 4; Силен = 6; Не мога да преценя = 0), резултатите от направените изчисления са въведени в в **таблици 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32, 4.33, 4.34, 4.35, 4.36, 4.37, 4.38, 4.39, 4.40** от дисертационния труд и се визуализират чрез Pie-диаграма за всеки един показател. Така получените резултати се записват в тегловна матрица (**таблица 4.41**) и се визуализират графично чрез column-диаграма. На базата на получените резултати се оптимизира системата с оглед удовлетворяване на изискванията на потребителите.

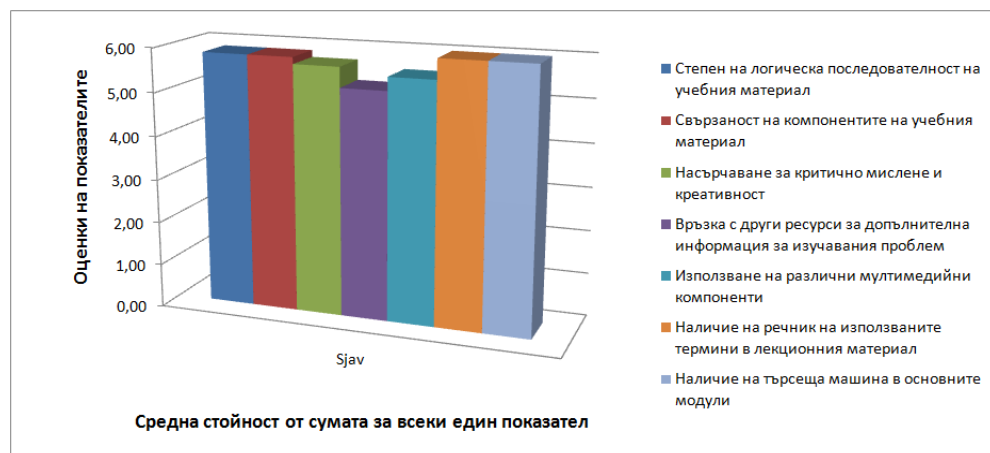
Степента на компетентност на анкетираните преподаватели се определя чрез израза:

$$C = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{R}, \text{ където } R=13 \text{ е броят на експертите. (Приложение 6)}$$

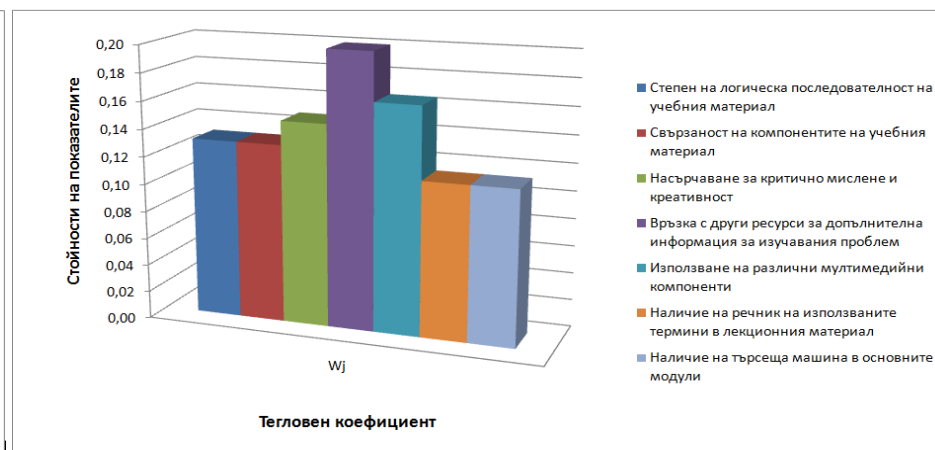
Резултатите от анкетирането са дадени в **таблица 4.41**. Средната сума от всички точки (оценки), определена по формула (30) е: $S_{av} = 52$.

Таблица 4.41 Тегловна матрица

Показатели	Експерти	Ex ₁	Ex ₂	Ex ₃	Ex ₄	Ex ₅	Ex ₆	Ex ₇	Ex ₈	Ex ₉	Ex ₁₀	Ex ₁₁	Ex ₁₂	Ex ₁₃	S _j	S _{jav}	δ _j	V _j	W _j
Степен на логическа последователност на учебния материал		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	76,00	5,85	24,00	0,19	0,13
Свързаност на компонентите на учебния материал		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	76,00	5,85	24,00	0,19	0,13
Насърчаване за критично мислене и креативност		6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	6	6	6	74,00	5,69	22,00	0,22	0,15
Връзка с други ресурси за допълнителна информация за изучавания проблем		6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	6	68,00	5,23	16,00	0,29	0,20
Използване на различни мултимедийни компоненти		6	6	6	6	6	6	4	4	6	6	6	4	6	72,00	5,54	20,00	0,24	0,17
Наличие на речник на използваните термини в лекционния материал		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	78,00	6	26,00	0,17	0,11
Наличие на търсеща машина в основните модули		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	78,00	6	26,00	0,17	0,11



Фигура 4.9 Графично представяне на резултатите за средната стойност на групата от преподаватели за всеки показател



Фигура 4.10 Графично представяне на резултатите на тегловния коефициент за всеки показател

Въз основа на данните от **таблица 4.41** са изчислени сумата от оценките на всички преподаватели S_j за всеки един показател по формула (28), средната стойност на групата от преподаватели S_{jav} за всеки показател по формула (29) и отклонението σ_j за степента на съгласуване на мненията на преподавателите по формула (31) и резултатите са дадени в същата таблица. Коефициентът на съгласие по формула (32) се получава: $w_k = 5,27$.

Значимостта на w_k се проверява по $\chi^2_{изч}$ по формула (37) и се получава: $\chi^2_{изч} = 441,06$. При степени на свобода $v = m-1=7-1=6$ и ниво на значимост $\alpha=0,01$ табличната стойност на $\chi^2_{табл.} = 16,812$ (Приложение 2). $\chi^2_{изч} = 441,06 > \chi^2_{табл.} = 16,812$.

Тегловните коефициенти W_j са пресметнати по формула (38), където V_j е коефициентът на вариация, характеризиращ съгласуваността на оценките на преподавателите и се изчислява по формула (33). Резултатите са дадени в **таблица 4.41**. От **фигура 4.9** става ясно, че системата е оценена най-високо по критерии Степен на логическа последователност на учебния материал, Свързаност на компонентите на учебния материал, Наличие на речник на използваните термини в лекционния материал и Наличие на търсеща машина в основните модули. Изчислените тегловни коефициенти, представени графично на **фигура 4.10**, показват, че системата трябва да се оптимизира наблягайки на Връзката с други ресурси за допълнителна информация за изучавания проблем, Използването на различни мултимедийни компоненти и Насърчаването за критично мислене и креативност.

4.5 Изводи

Направено е приложение на подхода за количествена оценка на качеството и ефективността на Web-базирана система за обучение. Системата е интегрирана на сървър в Медицински Университет-София. Анкетирани бяха специалисти от четири фирми в областта на софтуерните и информационните технологии и два български университета, занимаващи се с електронно обучение. Броят на участниците в изследването е съответно 15 експерти от областта на софтуерните технологии и 13 експерти в областта на електронното обучение. За проведения експеримент, на всеки един участник в анкетирането му бе предоставен пълен достъп до оценяваната система и анкетни карти, чрез които всеки един от тях даде своята оценка и мнение за системата.

От отговорите на анкетата става ясно, че според критериите, базирани на стандарта ISO 9126 за качество на софтуерни продукти, системата е оценена най-високо по критерии Използваемост, Функционалност и Преносимост и най-ниско по критерии Безотказност, Обслужваемост и Продуктивност. Системата е удобна, лесна за изучаване и за използване и интерактивна за всички потребители. Тя е гъвкава и отворена, осигурява независимост от клиентската среда, инсталиран софтуер и хардуер.

Резултатът от дефинирането и решаването на оптимизационните задачи показва, че сегашната информационна система може да бъде подобрявана по 3 от по-важните критерии за оценка - Използваемост, Функционалност и Преносимост. Експертното мнение съдържа потенциал за увеличаването на стойностите на тези критерии.

Според критериите, базирани на дидактическите показатели става ясно, че е оценена най-високо по критерии Степен на логическа последователност на учебния материал, Свързаност на компонентите на учебния материал, Наличие на речник на използваните термини в лекционния материал и Наличие на търсеща машина в основните модули. Това показва, че системата е удобна за работа и функционална по отношение на възможности за създаване на учебни модули по различни курсове. Позволява комбиниране и многократно използване на учебните материали.

От друга страна, изчислените тегловни коефициенти на показателите показват, че системата трябва да се оптимизира наблягайки на Връзката с други ресурси за допълнителна информация за изучавания проблем, Използването на различни мултимедийни компоненти и Насърчаването за критично мислене и креативност.

Заклучение

За нуждите на дисертацията са анализирани 152 литературни източника, свързани с методи, етапи, техники и средства нужни за изграждане на информационната система за организиране и управление на Web-базирано обучение и са разгледани съществуващите подобни платформи и среди за електронно обучение. Дефинирани са 6 етапа, през които минава подготовката и реализирането на системата. Анализирани и описани са основните компоненти и изисквания към нея. Мотивиран е изборът на технологични средства за реализиране на програмните модули. Проектирана и разработена е система за организиране и управление на Web-базирано обучение. Направено е сравнение на системата с други подобни вече съществуващи софтуерни платформи. Резултатите са анализирани и визуализирани чрез радарни диаграми.

На базата на специализирана литература по този въпрос е приложен подход за количествена оценка на качеството и ефективността на системата, който се основава на метод на експертните оценки. Проведено е експериментално приложение на подхода с участието на експерти и преподаватели от няколко фирми и университети с цел оптимизиране работата на системата и са анализирани получените резултати. В резултат на прилагането на оптимизационния подход, с определените количествени оценки е дефинирана и решена оптимизационна задача за оценяване на потенциала на разработената информационна система и подобряване на характеристиките ѝ. Резултатите от изследването показват, че според критериите, базирани на стандарта ISO 9126 за качество на софтуерни продукти, системата има потенциал за подобряване на характеристиките ѝ по три от по-важните критерии за оценка. Според дидактическите критерии оценката на експертите е положителна по отношение на възможностите за създаване на учебни модули по различни курсове. Като цяло са получени насоки за подобряване на системата по двете направления за оценка на качеството ѝ – като програмен и образователен продукт.

Съставянето на количествена оценка за качеството на софтуерния продукт е важна не само за оценката и за сравнението на отделните програмни приложения, но и за ефективното управление и усъвършенстването на процесите им като цяло. От значение е и правилният избор на модел на жизнения цикъл на софтуерния продукт, който обхваща всички етапи на разработката, внедряването и експлоатацията му.

Тенденциите за развитие на електронното обучение и по-голямата достъпност на образованието, като цяло засилват необходимостта от внедряване на информационните системи на всички нива на образователния процес. Едни от най-често използваните системи в образованието са системите за организиране и управление на съдържанието. Тези системи са многофункционални и непрекъснато се развиват и усложняват. Проблемът как да се структурира Web-базиран курс за обучение и да се представи съобразно избран модел, как да се съхранява в правилно структурирана Web-интегрирана база данни е доста актуален в наши дни. Въпреки универсалния характер на съществуващите системи за електронно обучение, практиката показва, че отделните висши училища използват информационни системи, изцяло съобразени със спецификата им, което оправдава и налага необходимостта от разработването на собствени системи, съобразно избран педагогически модел.

Реализираната система за организиране и управление на Web-базирано обучение е съобразена с основни принципи на препоръчителни международни стандарти обобщени като многократна използваемост, управляемост на информацията за потребителите и учебното съдържание, достъпност, дълготрайност – възможност за развитие на системата с развитие на технологиите и възможност за взаимодействие между различни системи.

Чрез системата са осигурени възможности за провеждане на Web-базирано обучение по различни медицински дисциплини. Чрез изцяло браузер-базиран интерфейс преподавателите, без да имат познания по програмиране и дизайн, могат лесно и бързо да създават, редактират, публикуват и регрупират Web-базирани курсове, съдържащи лекции, интерактивни тестове за оценка на теоретичните познания, интерактивни симулации на клинични случаи за придобиване на практически умения.

Осигурената гъвкавост и динамичност на системата, богатите комуникационни възможности, бързата актуализация на данните, неограничената възможност за въвеждане на нови страници, подстраници, възможността за генериране на разнообразни справки правят системата полезна за студентите, преподавателите и гостите. Създадени са възможности за (само)оценяване и подобряване качеството на обучение на всички нива, повишаване квалификацията на преподавателите и привличане на повече наши и чужди студенти и специализанти.

Курсовете, създадени чрез Web-базираната система за обучение са добър пример за интеграция между най-новите постижения в областта на избрана дисциплина (модерно съдържание), ИКТ (Web среда), педагогика (гъвкаво обучение). Разгледаната система е универсална и се използва и от други дисциплини в Медицински университет - София, като освен Биохимия (<http://biochemistry.mu-sofia.bg>), сайтове развиват Физиология (<http://physiology.mu-sofia.bg>), Физика и биофизика (<http://physics-biophysics.mu-sofia.bg>), Фармакология и токсикология (<http://pharmacology-toxicology.mu-sofia.bg>).

При направен сравнителен анализ на възможностите на разглежданата система за Web- базирано обучение с тези на известните софтуерни платформи се вижда, че тя е съизмерима по основните си качества на най-добрите решения в тази област.

Приноси на дисертационния труд

Основните резултати имат научноприложен и приложен характер.

1. Анализирани са стандарти и модели за оценка на качество на софтуерните продукти.
2. Проектирана и реализирана е системата за Web-базирано обучение по медицински дисциплини. Разработени са основните компоненти на системата и са синтезирани специфични функции „Виртуален пациент” и „Виртуални модели”. Проектирани са необходимите база от данни и информационни процеси за програмните модули. Оценена е функционалността на разработената информационна система като е сравнена с известни софтуерни платформи. Определени са предимствата на системата за изпълнение на специфични функции за медицинското обучение.
3. Разработена е процедура за количествена оценка на характеристиките на информационната система. Приложен е метод на експертните оценки. Направен е избор на показателите за качество на системата в две направления: 1) по утвърден стандарт за оценяване на програмни продукти-ISO 9126; 2) по дидактически показатели, базирани на мнения на експерти от образованието.

4. Количествено са оценени характеристики на процеси в информационната система. Оценката е направена с участието на експерти от няколко фирми от областта на информационните технологии и преподаватели в университети.
5. С определените количествени оценки е дефинирана и решена оптимизационна задача за оценяване на потенциала на разработената информационна система и подобряване на характеристиките ѝ. Резултатите от изследването показват, че според критериите, базирани на стандарта ISO 9126 за качество на софтуерни продукти, системата има потенциал за подобряване на характеристиките ѝ по критерии Използваемост, Функционалност и Преносимост.
Според дидактическите критерии оценката на експертите е положителна по отношение на възможностите за създаване на учебни модули по различни курсове.

Бъдещи насоки за работа

На основание получените резултати от приложението на подхода за количествена оценка на качеството и ефективността, системата за Web-базирано обучение ще се развива в няколко насоки:

Спрямо критериите, базирани на стандарта ISO 9126 за качество на софтуерни продукти:

- Повишаване надеждността на системата в случай на софтуерни грешки и способността за възстановяване на данни.
- Повишаване обслужваемостта на системата, т.е способността на системата да бъде модифицирана. Модификациите включват корекции, подобрения или адаптиране на системата към промени в средата (включва се промяната на кода, дизайна и данните), както и в изискванията и функционалните спецификации.
- Повишаване на продуктивността на системата като първо се намалят времената за реагиране и протичане, както и скоростите на изпълнение функциите на системата и второ като се намали продължителността на използване на ресурсите при изпълнение функциите на системата.

Спрямо критериите, базирани на дидактическите показатели:

- Подобряване на връзката с други ресурси за допълнителна информация за изучаван проблем;
- Подобряване използването на различни мултимедийни компоненти (включване на инструменти за дискусии в реално време, интегриране на форум за по-динамични връзки между студентите и между тях и преподавателите);
- Насърчаване на критично мислене и креативност на студентите чрез добавяне на нови приложения и методи на обучение за придобиване на дълготрайни знания и умения.

Научноизследователски проекти

Изследванията в дисертационния труд са част от получените резултати на следните научноизследователски проекти:

1. Международен проект по 6-та Рамкова програма на Европейската комисия, Информационно общество. Project EC FP6, program IST No. 027178 “Virtual Internet Service Provider VISP”

2. Договор за отпускане на финансова подкрепа за проект за мобилност по секторна програма „Леонардо да Винчи”. Програма „Учене през целия живот”. 2008-1-BG1-LEO03-00374. Тема „Обмяна на опит за иновационни приложения на решения за електронно обучение”.
3. Международен проект по програма „Обучение през целия живот” - ERASMUS. Договор с Европейската комисия: 142399-LLP-1-2008-1-BG-ERASMUS-ENW на тема: „ETN Teaching, Research, Innovation in Computing Education”.
4. The thematic Network Teaching, Research and Innovation in Computing Education - TRICE is established in accordance with the ERASMUS Programme of the EUROPEAN COMMISSION.
5. Европейски Социален Фонд 2007-2013 Г. Програма "Развитие на Човешките Ресурси" . Подкрепа на творческото развитие на докторанти, пост-докторанти и млади учени в областта на компютърните науки, BG 051PO001-3.3.04/13.

Публикации, свързани с дисертацията

1. Trichkova, E., K. Stoilova, “*An Approach for Quality Assessment and Effectiveness of a Web-Based System for Distance Learning*”, Cybernetics and Information Technologies, Volume 13, No 4, Sofia, 2013, BAS, pp.63-73.
2. Тричкова, Е., „*Web-базирана система за електронно обучение по медицински дисциплини – административен модул*”, Първа национална тематична школа и борса за научни идеи в областта на информационните и комуникационни технологии, Русе 2013, 27-28 Юни 2013, стр. 107-112, ISSN 1314-9024.
3. Trichkova, E., “*Flexible web-based e-learning system*”, International Conference “Automatics and Informatics’12”, 3-5 October 2012, Sofia, Bulgaria, pp.361-364, ISSN 1313-1869.
4. Trichkova, E., “*PHP based site-template for distance learning in medical disciplines*”, Proceedings of E-Learning'11 conference - E-Learning and the Knowledge Society, 25-26 August 2011, Bucharest, Romania, pp. 87-92, ISBN 978-606-505-459-2.
5. Тричкова, Е., G. Kossekova, “Interactive biochemistry – Sofia” (ibs) – a flexible web-based e-learning system”, Proceedings of IADIS Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2011, E-learning, 20 - 26 July 2011, Rome, Italy, pp. 3-10, ISBN 978-989-8533-00-5.
6. Тричкова, Е., *Моделиране, изпълнение и управление на бизнес процеси базирано на Workflow технологии*”, списание Автоматика и Информатика, бр.3/2009, стр. 16-19. ISSN 0861-7562.
7. Trichkova, E., E. Ivanova, K. Trichkov. “*Workflow Orchestration Software*”. International Conference ETAI, Ohrid, FYROM, 12-21 September, 2007 p. I4-5:1- I4-5:5. Proceedings on CD, ISBN 978998921753X.

Библиография

22. Fisher R. A., Statistical Methods for Research Workers, Oliver and Boyd, Edinburgh, 1934.
109. Стоянов, С., Оптимизация на технологични процеси, Техника, София, 1993.