

# Abstracts of Dissertations

Institute of Information and  
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF  
SCIENCES



5 / 2014



OPTIMIZATION OF  
PROCESSES IN  
INFORMATION SYSTEMS

*Elisaveta Trichkova*

ОПТИМИЗАЦИЯ НА  
ПРОЦЕСИ В  
ИНФОРМАЦИОННИ  
СИСТЕМИ

*Елисавета Тричкова*

# Автореферати на дисертации

Институт по информационни и  
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

### Редактори

*Генадий Агре*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Райна Георгиева*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Даниела Борисова*

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите*

*The series **Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences** presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.*

### Editors

*Gennady Agre*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [agre@iinf.bas.bg](mailto:agre@iinf.bas.bg)

*Rayna Georgieva*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [rayna@parallel.bas.bg](mailto:rayna@parallel.bas.bg)

*Daniela Borissova*

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences  
E-mail: [dborissova@iit.bas.bg](mailto:dborissova@iit.bas.bg)

*This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.*



**BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES**

# **OPTIMIZATION OF PROCESSES IN INFORMATION SYSTEMS**

*Elisaveta Dimitrova Trichkova*

**Supervisor: Assoc. Prof. Krasimira Stoilova**

**Approved by Supervising Committee:**

**Prof. Idilia Bachkova**

**Prof. Stanimir Stoyanov**

**Prof. Gamka Kosekova**

**Assoc. Prof. Ivan Mustakerov**

**Assoc. Prof. Krasimira Stoilova**



**INSTITUTE OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**  
Department of Hierarchical Systems

The PhD thesis was discussed and allowed to be defended during an extended session of the Department of Hierarchical Systems at IICT-BAS, which had been held on May 28, 2014.

The full volume of the dissertation is 141 pages. It consists of an introduction, four chapters and conclusion. The text of the dissertation includes 37 figures, 45 tables, 6 appendix and 8 pages bibliography, including 152 titles.

The defense of the PhD thesis had been held on September 15, 2014 at 15:00 am in Room....., Block 2, IICT-BAS.

**Keywords:** information systems, e-learning, web-based systems, optimizations, modeling, software quality assessment, ISO 9126.

## Introduction

Information systems (IS) are becoming more and more important for modern lifestyles. They are used in a variety of professional fields such as manufacturing, energy, computer technology, finance, telecommunications, sales, hospitals, pharmaceuticals, services, higher education.

Design and development of the IS should meet standards imposed in the field. Software quality is a key feature that summarizes the result of the interaction of almost all factors arising in the development and creation of programs. Compilation of quantitative evaluation of software product quality is important not only for the evaluation and comparison of different software applications, but also for the effective management and improvement of processes in an information system as a whole.

Trends in e-learning and greater availability of education in general reinforce the need for implementation of IS in the educational process.

One of the most commonly used systems in education is content management systems. These systems are versatile and constantly evolving and complex. The problem of how to structure Web-based course and present selected according to model, how to store properly in a structured Web-integrated database is extremely topical.

Although most authors emphasize the universality systems on their respective systems, in practice there are specific differences. Experience shows that individual Higher Education Institutions use information systems fully comply with the specifics of that justifies and necessitates the development of their own systems, according to selected pedagogical model. While in technical specialties, distributed form of training and testing is the development of projects, the medical disciplines that form still does not apply, and it is important that the solution of case studies (clinical studies).

Dissertation research *problem* develops quantitative assessment of the performance of the operation of information systems and processes.

*Object of research* is the development of an information system for the implementation of e-learning courses in the field of medicine.

*The study's* design and development of an information system for e-learning in the field of medicine; quantitative evaluation of system parameters and processes of it; finding the potential to improve the processes in the system by defining and solving the optimization problem.

**Objective:** The aim of the thesis is the design and development of an information system, a quantitative evaluation of the performance of its processes and determines the potential to improve these characteristics.

### Tasks:

1. To analyze the technology to develop information systems. To analyze the standards and models for assessment of their characteristics;
2. To design and develop specialized Information System as:
  - analyze and formulate the requirements to be met by the system;
  - to develop a model of the system and its processes;
  - develop program modules and structure of the database;
  - analyze and compare the functionality of the developed Web-based information system with some software platforms in the field of e-learning.
3. To compile a procedure for evaluating the characteristics of the information system by using criteria and standards for quality software and didactic indicators;
4. To quantify the characteristics of the system;
5. To determine the potential for improving the existing features of the information system by defining a corresponding optimization problem.

## 1. Information systems and processes. E-Learning

Through better understanding of the opportunities and trends in computer information systems can increase the efficiency of work at all levels and in all spheres of action.

The creation of an information system is performed at certain stages and certain methods.

An important feature, which summarizes the effect of the impact of a wide variety of factors on the development and creation of software product, is its quality. In the area of quality assurance there are many standards, but the main presenting the quality of the software product as a synthesis of structurally related features is ISO 9126. On the other hand, quality models describe in a structured way the meaning of the term "software quality" based on its main components and applications.

Various activities carried out during the development of a software product form its life cycle. It covers all stages of development, deployment and operation. It is important to find the correct choice of model life cycle of the system. It is a set of activities and relationships between them in order to support the development of a system.

E-learning, which can be regarded as a kind of information process becomes very popular in the last decade and of itself is an interactive training uses a variety of communication technologies as a tool for teaching.

There are several reasons that justify the need to create its own system for e-learning, such as high prices of foreign systems of organization and management of training, which are incompatible with our conditions; Language barrier, because the systems are mostly aimed at English-speaking countries; Lack of flexibility for upgrading the used system with the development of new information technologies. Purchased or obtained by license systems can not be changed; Despite the universal nature of the most systems in practice there are distinctive differences between education in engineering, humanities, medical and others disciplines that justifies and necessitates the development of their own systems, according to the specifics of disciplines. For example, in medical disciplines are important solving case studies (clinical studies).

## 2. Synthesis of processes in information systems

Essential for the effective operation of an information system is the correct selection of the methodology for its development, as well as what steps, techniques, and tools will be used and in what sequence will apply.

The development of an information system, the process of development needs to go through a number of different stages (phases). The stages through which the development of the system for Web-based training goes are six. These phases are implemented sequentially.

In the *analysis* stage of system requirements the purpose is to clarify what is needed for the realization of its functions. Decomposition is performed on the system functions of their constituents and creating logical models of the processes and dataflows needed for the implementation.

In the *design* stage is developing a comprehensive model of the Web-based learning system. The methods and tools used in the implementation of the system are determined. The hardware, software, database, architecture, communications, interaction with consumers in the system is detailed.

In the *development* stage, the implementation of the system is consistent with the previous two stages. It is built practically in accordance with their requirements, methods and tools. The creation of the database is performed and the program modules are written to the selected programming language.

In the stage of *testing*, the system goes through several steps. First, each program module is tested separately and remove errors, then the system is assembled and performed comprehensive testing. Finally, as a last check is performed testing of the system in a user environment.

In the *implementation* stage is realized a transition from the old to the new system, as the implementation is realized in parallel.

In the stage of *evaluation*, the opportunity of implement methods formulti-criteria optimization approach to quality assessment of Web- based training system are offered. Ananalys is of these methods were made. Based on this analysis the approach was proposed that make a quantitative assessment of the quality and effectiveness of the system. Based on this assessment, the parameters are determined and need to be improved in order to optimize the processes in the system to meet the requirements of users. The approach can be applied to various software products in the field of Web-based applications, taking into account the peculiarities of each of them.

### 3. Develop a system for Web-based learning

Systems organization and management of Web-based learning are multifunctional. These systems provide communication between the participants in the learning process and the ability to manage the learning process. The problem of how to structure Web-based course and present selected according to model, how to store properly in a structured Web-integrated database is extremely topical. As a result of research in many universities and companies are developed such kind of systems. One of these systems is realized site template that is the basis for the on-line creation and delivery of courses in various disciplines in the Medical University - Sofia (MUS). Need to create their own system is based on several reasons: high prices of foreign systems of organization and management of the training (such as Blackboard and Lotus example) that are incompatible with our conditions; lack of flexibility for upgrading the used system with the development of new information technologies. Purchased or obtained by license systems cannot change. Despite the universal nature of most systems in practice there are characteristic differences between education in engineering, humanities, medical and others disciplines that justifies and necessitates the development of their own systems, according to the specifics of disciplines. For example, in medical disciplines are important solving case studies (clinical studies). And last but not least the language barrier. Systems are oriented primarily to English speaking countries.

The developed system is aimed at teachers and students from different medical disciplines in the Medical University - Sofia (MUS).

The realization of the system is proposed six stages of implementation referred to in the preceding paragraph.

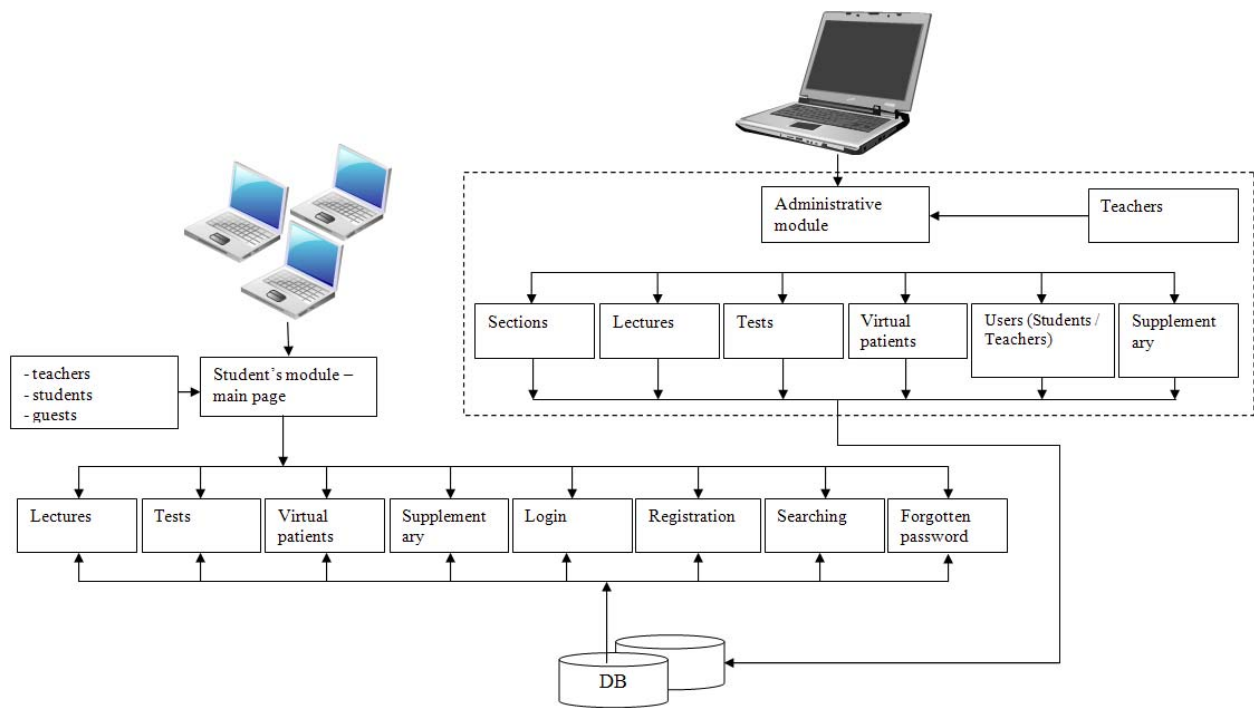
As a result of the analysis of the literature and the study and examination of similar software systems and taken into account the advice of independent experts in the field of information technology and experts from the institution offering the system for Web-based learning, some requirements are formulate, including quality characteristics of software products such as functionality, reliability, usability, efficiency, maintainability, portability and user interface features and performs all functions typical for a universal Web-based system for organization and management of the education as management of students, teaching resources, educational process, assessment, administration and access to the pert system.

For the physical implementation of the database system for Web-based learning system is selected relational database management system (DBMS) MySQL.

All content, managed and published by the system is stored in a database in which information is available to registered users in the system, for departments and courses, for sections of each course, for constituent parts of the sections: Lectures, Tests and Virtual patients, for issues tests and simulations and their answers, and for other supporting elements. The system allows various types of questions in the tests with different combinations of components.

The principle of operation of the system is based on three tier client-server architecture. Client is the personal computer of a user, connected to Internet. The user works with the Server via a Web-browser, installed at the client. The server (with operation system Linux) contains three logically and functionally different tiers: Web-server (Apache), Middle Tier (PHP application modules) and Database (MySQL) in one physical computer. The application is developed using PHP programming language following the conception and algorithms of the specific system modules.

The system is composed on two interfaces - student and administrative (**Figure 3.3**).



**Figure 3.3:** The structural diagram of the system modules and the connection between them.

The student interface consists of three main parts - “Lectures”, “Tests”, and “Virtual Patients”. The system also has new modules which allow uploading of Virtual models, protocols for assignments, and another section targeted at teachers from other medical disciplines to help them while working with the system and designing their Web-based courses. All pages in these modules are dynamically formed. There is no restriction to the number of new modules in reasonable amount, or sections, or tests, or virtual patients. Besides these main parts, there are Registration and Searching modules. It is also possible to add supplementary sections and sub-sections containing useful information about the course. The access to the educational resources can be free or restricted (partially or fully) for registered students only depending on administrative decisions. This interface gives the students a possibility of (self-) evaluation of the theoretical knowledge and a possibility of creation and improvement of their professional skills to solve clinical cases.

**Module “Lectures”** - This module serve as a source of basic knowledge. On choosing the “Lectures” module on the left part of the screen, the user can see the list of the section titles (sections main menu). Each section title is a link to the contents of the section, which opens in the main right part of the screen. Each title in the contents is a link to the corresponding topic in the section. Students can easily find the necessary topic and use it to enlarge their knowledge. Also there is a possibility for printing of a whole section at once. The Biochemistry course contains colored illustrations and schemes, links to virtual models (video films, animations), to programs for visualizing molecular structures, to useful external sites and many links within and between different topics.

**Module “Tests”** - The tests module gives the students a possibility of (self-)evaluation of the theoretical knowledge. It allows students to choose the type of the tests available (demo-, real or examination tests) and to start solving the test. The item is defined as the question with its answers. There are four different ways of item distribution: consecutively in the whole test; consecutively in part of the test; randomly in the whole test; randomly in part of the test. There are six types of questions: multiple choices with one or several true answers, Fill-in blanks, Ranking, Matching, Requiring a free answer. Four types of answers are distinguished: excellent, incomplete, inexact, wrong. Every answer in the question item has a weight – positive for a true answer and negative for a wrong answer. This allows a differential assessment. The score on the individual item is an arithmetic sum of the weights of the chosen answers. After the student’s input, the score on each



item, the current cumulative sum of scores, the announcement about the type of the answer and the answer key are displayed. This ensures a constant feedback to the student. At the end of a test, if the student's answer is not excellent, he is offered the option of going again through all items to which he has answered incorrectly. The sum of scores on all items gives the score on the whole test. In the end the final individual score on the test, the maximum score, the percentage score, user name and other details are displayed. Then the student can go back to other tests or other modules in the system. In all tests, except those for examination, exit is possible not only at the end of the test but at any question.

**Module "virtual patients"** - The virtual patients facilitate creation and improvement of professional skills to solve clinical cases. The questions are of special clinical case simulations type and follow according to the logical order, required to solve the case. Therefore the programs allow a transition to any next and previous question or coming back to the current question. The scenarios allow different outcomes depending on the instructor's plan and the student's mastery. Solving a clinical case, the students can choose from suggested decisions, or make their own decisions. Each answer is commented separately and evaluated but the evaluation is displayed only at the final screen, not after each item as in the theoretical tests. Each case has a specific Help page, constantly available and also has specific additional information about the disease or the case, available after solving the case. Exit from clinical case simulations is possible at any situation.

The administrative interface is a powerful tool for creating and editing on-line courses by teachers. Only registered teachers or administrative members can login to this module. Unauthorized users like guests, students or non-registered teachers cannot use this module. The dynamic database, which is used in the system, contains information about the users and their rights, teaching units, and sub-units. The system allows insertion of multimedia files, flash files, different images and document files, creation of links within and between different course sections or external sources, and quality of test questions, managing menus and submenus. The performance of many of these operations is possible due to the text editor which is integrated in the system.

The system consistent with fundamental principles of the recommended international standards, summarized in: multiple usability, manageability of information about users and content, accessibility, durability (potential for development) and opportunities for interaction between different systems. It also allows planning and organizing of training by publishing all the necessary documents and resources for students.

Independent expert studies showed that the system is compatible with the basic characteristics of the best solutions in educational area. It has the necessary resources for effective implementation of e-learning. The system performs all functions typical for a universal Web-based system for organization and management of the education as management of students, teaching resources, educational process, assessment, administration and access to the system.

#### **4. Optimization of information processes**

An approach to quantify the quality and effectiveness of Web-based learning system is applied. The system is integrated on the server at the Medical University of Sofia. The specialists in the field of software and information technology are interviewee. For the experiment, each participant in the survey is granted full access to the system under assessment and questionnaires through which each of them to give their opinion and assessment for the system.

The following sequence of steps is perform: stages of implementation of the approach; definition of a list of indicators to assess the quality and effectiveness of the system; determining the weights of the indicators; calculate the weights of the indicators; define and solve the problem of process optimization; graphical representation of the results.

##### **Approach implementation stages**

First stage: This assessment is done by experts in the field of software engineering. The list of indicators to assess the quality system based on ISO 9126 standard is determined. After that the weight coefficients are determined. Technological and structural improvement of the system is done

based on the obtained results. An optimization problem to evaluate the potential of expertise and results-based decision-making to perform technological and structural improvement of the system is defined and solved.

Second stage: This assessment is done by teachers from the institution that offers the system. Based on the selected list of didactical indicators, an assessment of the system efficiency is done. Under the term efficiency shall be understood the ability to perform the system goals and requirements. The results are processed to make conclusions about the results and make decisions to improve the state of the system.

### **Definition of a list of indicators to assess the quality and effectiveness of the system**

Two groups of indicators are defined: *six indicators for assessing the system quality based on ISO 9126 standard* - **Functionality** (Suitability, Accuracy, Interoperability, Security, Functionality, Compliance), **Reliability** (Maturity, Fault Tolerance, Recoverability, Reliability, Compliance), **Usability** (Understandability, Learnability, Operability, Attractiveness, Usability, Compliance), **Efficiency** (Time Behaviour, Resource Utilisation, Efficiency, Compliance), **Maintainability** (Analyzability, Changeability, Stability, Testability, Maintainability, Compliance), **Portability** (Adaptability, Installability, Co-Existence, Replaceability, Portability, Compliance); *seven didactical indicators for evaluating the system efficiency* - Degree of logical consistency of the content, Connectivity of the components of the content, Encouraging critical thinking and creativity, Relation to other resources for further information on studying the problem, Use of various multimedia components, Existence of a glossary of terms used in the lectures, Presence of search engine core modules.

### **Determining and calculation of the indicator weights**

One of the most common approaches used to determine the weight coefficients of the indicators is the method of expert assessments. It is based on interviews with experts in a particular problem area and processing results.

Based on the method of expert assessment, the approach proposed follows several steps:

- Learning process and choice of indicators of quality and efficiency of the system;
- Determine the degree of competence of the interviewed persons;
- Drawing up of questionnaires, which include:
  - List of indicators (characteristics) for assessing the quality and efficiency of the system. Each expert can give its assessment on a preset scale;
  - Information competency and source of argument between experts participating in the interviews.
- Determining the circle of specialists and conducting interviews;
- Calculation of the coefficient of agreement between interviewees and verification of its importance;
- Calculation of the weight coefficients of the indicators of quality and efficiency;
- Processing the results and their graphical representation by diagrams.

In this example  $R$  available experts are invited to give their opinion about  $m$  target parameters by a questionnaire sheet. The results are recorded in the weight matrix (**Table 4.9**). Each number in the weight matrix  $a_{ij}$  determines the weight (assessment), which the expert  $i$  ascribes to the target parameter (indicator)  $j$ .

**Table 4.9** Weight matrix

Experts	$\mathbf{Ex}_1$	$\mathbf{Ex}_2$	$\mathbf{Ex}_3$	....	$\mathbf{Ex}_i$	....	$\mathbf{Ex}_R$	$\mathbf{S}_j$	$\mathbf{S}_{jav}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
Indicators												
$y_1$	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$	....	$a_{i1}$	....	$a_{R1}$	$S_{i1}$	$S_{iav1}$	$\delta_1$	$V_1$	$W_1$
$y_2$	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$	....	$a_{i2}$	....	$a_{R2}$	$S_{i2}$	$S_{iav2}$	$\delta_2$	$V_2$	$W_2$
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
$y_j$	$a_{1j}$	$a_{2j}$	$a_{3j}$	....	$a_{ij}$	....	$a_{Rj}$	$S_{ij}$	$S_{iavj}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
$y_m$	$y_{1m}$	$y_{2m}$	$y_{3m}$	....	$y_{im}$	....	$y_{Rm}$	$S_{im}$	$S_{iavm}$	$\delta_m$	$V_m$	$W_m$

- The calculation of the amount of the assessments of all experts  $S_j$  of each indicator is done by:

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

where  $a_{ij}$  is the evaluation of  $i$ -th expert on the importance of  $j$ -th indicator,  $R$ – number of experts.

- Calculation of the average amount of the group of experts  $S_{jav}$  for each indicator by:

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

- Calculation of the average amount of all points (ranks)  $S_{av}$  [109]:

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

- To determine the degree of agreement of the views of expert's deviation,  $\delta_j$  is defined by:

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

- Calculation of the coefficient of agreement  $w_k$ , proposed by Maurice Kendall (see [109]):

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

- Calculation of the coefficient of variation  $V_j$ , characterizing the agreement of assessments of the experts participating in the survey, the importance of the individual parameters:

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

As the value of  $V_j$  is higher, the degree of agreement of experts' opinions is low and vice versa.

-The weight for each indicator is calculated by:

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

To the thus obtained weight coefficients, the condition

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

- The results are displayed graphically by the diagrams.

## Results of an application of the proposed approach to quantify the quality of the system performance based on standard ISO 9126

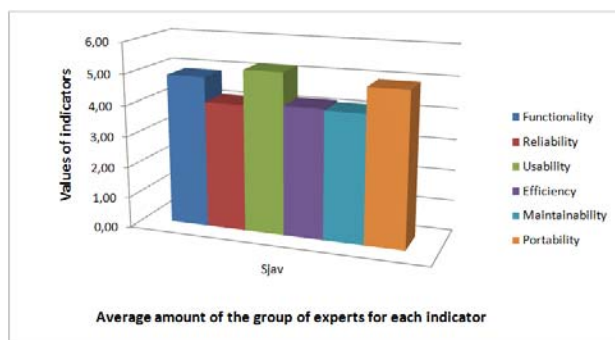
In this application  $R= 15$  available experts are invited to give their opinion and assessment of the quality of an information system, taking into consideration  $m= 6$  target parameters by a questionnaire sheet. For each indicator of the questionnaire, corresponding points are calculated based on the following ratio:  $\frac{100\%}{x}$ , where  $x$  is a corresponding number to the attributes of the individual indicators. Considering the preset scale (Scale: Low = 2, Good = 4, Strong = 6; I cannot decide = 0), the results of the calculations are entered in tables, individually for each experts, and visualized by a pie-chart for each indicator. The results are recorded in the weight matrix (Table 4.25) and visualized by a column-chart.

The calculation of  $S_j$  according to (28),  $S_{jav}$  according to (29) and  $\delta_j$  according to (31) is based on the data in Table 4.25 (the right fifth column). The results are shown in the same table. The calculated average amount of the group of experts for each indicator is presented in Figure 4.3. The system has been evaluated with the highest grades regarding the following criteria: Usability, Functionality and Portability.

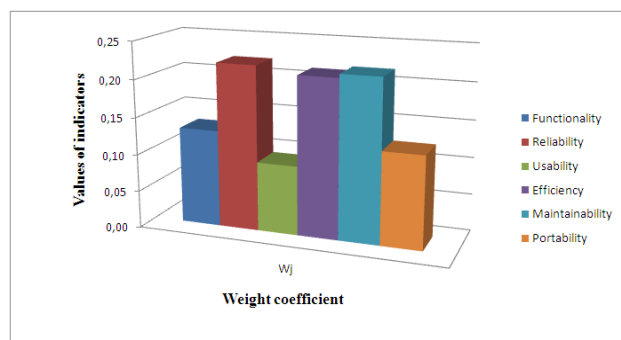
The weight coefficient  $W_j$  is calculated by (38), where  $V_j$  is the coefficient of variation, characterized by the agreement of assessments of the experts and it is calculated by (33). The results are shown in Table 4.25. The calculated weight coefficients  $W_j$  are presented in Figure 4.4. They show that the system has been evaluated with the lowest grades regarding the following criteria: Reliability, Maintainability and Efficiency.

**Table 4.25:** Weight matrix

Experts Indicators	Ex <sub>1</sub>	Ex <sub>2</sub>	Ex <sub>3</sub>	Ex <sub>4</sub>	Ex <sub>5</sub>	Ex <sub>6</sub>	Ex <sub>7</sub>	Ex <sub>8</sub>	Ex <sub>9</sub>	Ex <sub>10</sub>	Ex <sub>11</sub>	Ex <sub>12</sub>	Ex <sub>13</sub>	Ex <sub>14</sub>	Ex <sub>15</sub>	$S_j$	$S_{jav}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
Functionality	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
Reliability	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
Usability	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
Efficiency	5,33	5,33	4,66	4	5,99	5,333	5,99	4	2,66	2,66	2,66	4,66	4,66	2	2,66	62,66	4,18	10,16	0,36	0,21
Maintainability	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
Portability	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



**Figure 4.3** Results of  $S_{jav}$



**Figure 4.4** Results of weight coefficient

## Problem definition for process optimization based on software indicators according to the standard ISO 9126

The aim is to evaluate the potential of the expert suggestions and to define the direction for amendments of the information system characteristics. The evaluation of the potential is carried out

by defining and solving the respective optimization problem. As parameters for this problem will be used the calculated values of the expert suggestions and opinions as weight coefficients and correlation coefficients. They are summarized in **Table 4.25**.

**Problem 1:**

It is evaluated to what extent the information system characteristics can be improved. The accepted deviation from the average values is defined by the expert suggestions and opinions.

The criterion function is defined as follows:

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

$$V_1 x_1 + V_2 x_2 + V_3 x_3 + V_4 x_4 + V_5 x_5 + V_6 x_6 \geq 1$$

$$W_1 x_1 + W_2 x_2 + W_3 x_3 \geq 1$$

$$W_4 x_4 + W_5 x_5 + W_6 x_6 \geq 1$$

$$W_7 x_7 + W_8 x_8 \geq 1$$

$$x_j \geq 0$$

Where

$x_j$  defines the value of the criteria  $j$ , където  $j=1 \dots 6$ , which varies regarding the defined already average values, so that the general positive change of the system will be the maximal one.

$\bar{x}_j$  is the average value of the evaluation criteria, defined by the experts' opinion, which refers to  $S_{j,av}$  (Table 4.25)

$W_j$  – weight coefficients, reflecting the weight criteria, defined by the experts' opinion

$V_j$  – variation coefficient, which characterizes the relationship between the criteria, defined by the experts' opinion

The argument  $x$  contains the change of the  $j$  - criterion for evaluation regarding the evaluated average value  $\bar{x}_j$ , so that the cumulative effect of the change will have the maximal value. The applied coefficients  $W_j$  are weight coefficients regarding the importance of the individual indicators, defined by the experts' opinion.

The constraints of the optimization problem represent the defined relations between the individual criteria which influence each other regarding the joint evaluation of the information system. The solutions of the optimization problem determine the improvement potential of the information system considering  $j=1 \dots 6$ .

The optimization problem is solved using the specialized software MATLAB through its specific function *quadprog*.

The function *quadprog* has the following form:

$$\max_x \left[ \frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right] \begin{cases} A x_j \leq b \\ A_{eq} x_j = b_{eq} \\ l_b \leq x_j \leq u_b \\ x_j \text{ в векторно число} \end{cases} \quad (42)$$

Where  $Q$ ,  $A$ ,  $A_{eq}$ ,  $R$ ,  $b$ ,  $l_b$ ,  $u_b$ , are matrixes,  $b_{eq}$  and  $x_j$  are vectors.

The problem (42) according to the MATLAB form can be presented as follows:

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

And respectively for the specific case has the following form:

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

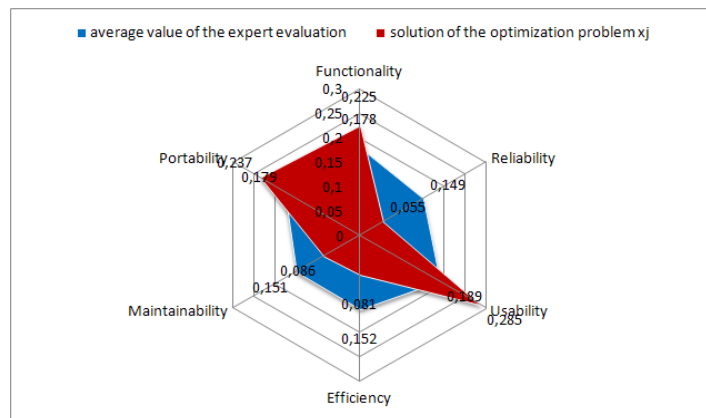
The solutions of the optimization problem are presented in columns  $\bar{x}_j$  and  $x_j$  of **table 4.26**, where:

$\bar{x}_j$  is the average value of the expert evaluation, which refers to  $S_{j\text{av}}$

$x_j$  is the solution of the optimization problem. It defines the upper limit of increasing the criterion value in relation to the average evaluations given by the experts (potential of the expert evaluation)

**Table 4.26** Solutions of the problem 1

Indicators	Experts	$V_j$	$W_j$	$\bar{x}_j$	$x_j$
Functionality	$x_1$	0,22	0,13	0,178	0,225
Reliability	$x_2$	0,38	0,22	0,149	0,055
Usability	$x_3$	0,16	0,09	0,189	0,285
Efficiency	$x_4$	0,36	0,21	0,152	0,081
Maintainability	$x_5$	0,37	0,22	0,151	0,086
Portability	$x_6$	0,21	0,12	0,179	0,237



**Figure 4.5** Comparison between the average value of the expert evaluation  $\bar{x}_j$  and the solution of the optimization problem  $x_j$

The radar chart shows the comparison between the results received by the experts between the average value of the expert evaluation of the criteria  $\bar{x}_j$ , based upon the values of  $S_{j\text{av}}$  (marked in blue on the chart) and the value of the optimization problem solution  $x_j$  (marked in red on the chart). The results of the optimization problem and the chart respectively show that the criteria such as Functionality, Usability and Portability reveal greater potential for process improvement and future development of the system, in comparison to the rest criteria – Reliability, Efficiency and Maintainability. The optimization problem solution shows that experts think that some of the criteria have a higher priority than the others when evaluating the developed information system with web-based education. This conclusion is evaluated quantitatively through the calculated weight coefficients  $W_j$ . The results received of the optimization problem suggest which criteria can be improved when modifying the information system. This improvement is recommendable regarding the following criteria Portability, Functionality and Usability.

### Problem 2:

Optimization of the information system is provided also when evaluating how the existing system can be improved without decreasing the criteria values that are given by the experts. Formally, this problem sets the requirement of not decreasing the value of the criterion  $x_j$  below the value of the average of  $\bar{x}_j$ . The defined problem (41) is modified in order to determine the potential of the expert evaluations for increasing the average value of evaluations. Analytically this constraint looks like that  $\bar{x}_j \leq x_j$ .

According to the MATLAB form this problem (42) is presented as follows:

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

where,  $A_{eq} = 0$  и  $b_{eq} = 0$ , as equality does not exist, respectively the case problem (42) has the following form:

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

where  $l_b$  and  $u_b$  are matrixes and  $u_b$  is a randomly selected upper limitation.

The solutions of the optimization problem are presented in columns  $\bar{x}_j$  and  $x_j$  of **table 4.27** in the PhD thesis, where:

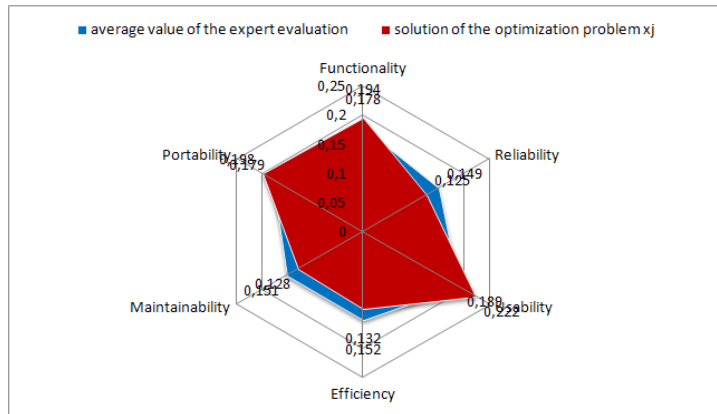
$\bar{x}_j$  is the average values of the criteria defined by the experts' evaluations, corresponds to

$S_{j\text{av}}$

$x_j$  is the solution of the optimization problem and defines how much the criterion value can be increased towards the average evaluations given by the experts (potential of the expert evaluation)

**Table 4.27** Solutions of the problem 2

Experts		$V_j$	$W_j$	$\bar{x}_j$	$x_j$
Functionality	$x_1$	0,22	0,13	0,178	0,194
Reliability	$x_2$	0,38	0,22	0,149	0,125
Usability	$x_3$	0,16	0,09	0,189	0,222
Efficiency	$x_4$	0,36	0,21	0,152	0,132
Maintainability	$x_5$	0,37	0,22	0,151	0,128
Portability	$x_6$	0,21	0,12	0,179	0,198

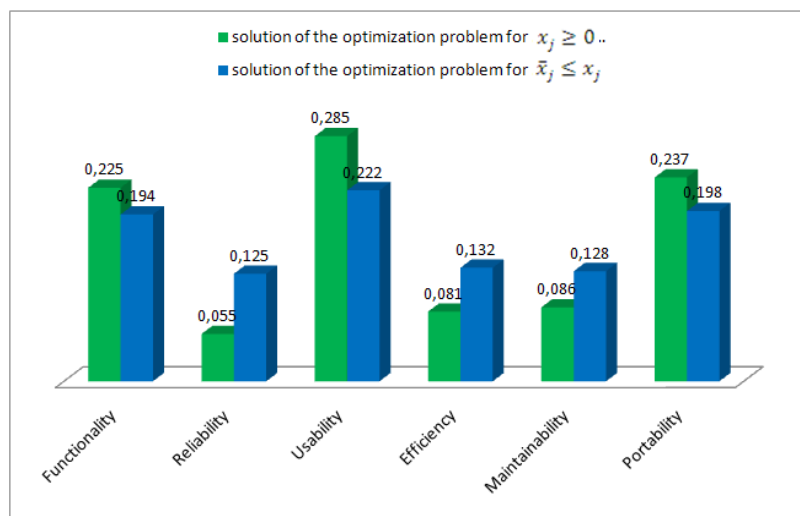


**Figure 4.6:** Comparison between the average value  $\bar{x}_j$  and the solution of the optimization problem  $x_j$

The radar chart shows the comparison between the results of the optimization problem solution  $x_j$  and the calculated average values  $\bar{x}_j$ , defined by the experts' opinion. The results show that experts' evaluations have potential for increasing the values of the criteria Usability, Functionality and Portability. This solution coincides with the solution received in problem 1. The quantitative changes in problem 2 are smaller because there is a requirement for maintaining the criteria within a minor range around the average values  $\bar{x}_j$ .

Bearing in mind the results received on both radar charts **figure 4.5** and **figure 4.6** a comparison is suggested between the solutions of both optimization problems (**figure 4.7**). The solutions received in problem 1 are marked in green and the ones in problem 2 are marked in blue. It is evident that the criteria Functionality, Usability and Portability have potential for increasing in both problems. But in problem 2 the criteria Reliability, Efficiency and Maintainability are around the calculated average values  $\bar{x}_j$ , received by the experts regarding evaluation of the developed information system.

The result of defining and solving the optimization problems shows that the existing information system can be improved regarding the three important evaluation criteria. The experts' opinion has potential for increasing the values of these criteria.



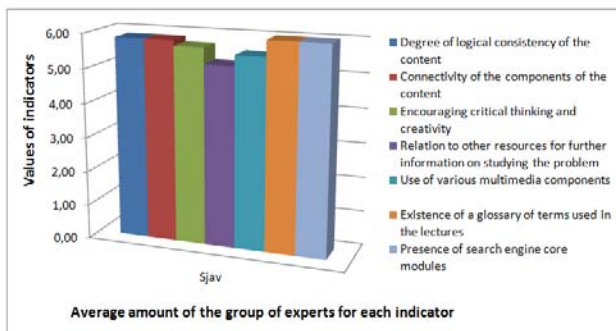
**Figure 4.7:** Comparison between the solutions of both optimization problems

## Results of an application of the proposed approach to quantify the efficiency of the system performance based on Didactical indicators

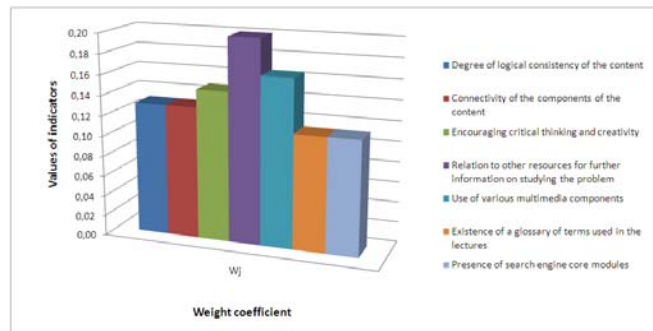
In this application  $R=13$  available experts (teachers) are invited to give their opinion and assessment of the efficiency of an information system, taking into consideration  $m=7$  target parameters by a questionnaire sheet. For each indicator of the questionnaire, corresponding points are calculated based on the following ratio:  $\frac{100\%}{x}$ , where  $x$  is the corresponding number to the attributes of individual indicators. Considering the preset scale (Scale: Low = 2, Good = 4, Strong = 6; I cannot decide = 0), the results of the calculations are entered in tables, individually for each experts, and visualized by a pie-chart for each indicator. The results are recorded in the weight matrix (Table 4.41) and visualized by a column-chart.

**Table 4.41** Weight matrix

Indicators	Experts													$S_j$	$S_{jav}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
	EX <sub>1</sub>	EX <sub>2</sub>	EX <sub>3</sub>	EX <sub>4</sub>	EX <sub>5</sub>	EX <sub>6</sub>	EX <sub>7</sub>	EX <sub>8</sub>	EX <sub>9</sub>	EX <sub>10</sub>	EX <sub>11</sub>	EX <sub>12</sub>	EX <sub>13</sub>					
Degree of logical consistency of the content	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	76,00	5,85	24,00	0,19	0,13
Connectivity of the components of the content	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	76,00	5,85	24,00	0,19	0,13
Encouraging critical thinking and creativity	6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	6	6	6	74,00	5,69	22,00	0,22	0,15
Relation to other resources for further information on studying the problem	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	6	68,00	5,23	16,00	0,29	0,20
Use of various multimedia components	6	6	6	6	6	6	4	4	6	6	6	4	6	72,00	5,54	20,00	0,24	0,17
Existence of a glossary of terms used in the lectures	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	78,00	6	26,00	0,17	0,11
Presence of search engine core modules	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	78,00	6	26,00	0,17	0,11



**Figure 4.9** Results of  $S_{jav}$



**Figure 4.10** Results of weight coefficient

The calculations of  $S_j$  according to (28),  $S_{jav}$  according to (29) and  $\delta_j$  from (31) are based on the data in Table 4.41 (the right fifth columns). The results are shown in the same table. The calculated average amount of the group of experts for each indicator is presented in Figure 4.9. The system is evaluated highly on the following criteria: Degree of logical sequence of the study material, component coherence of the study material, availability of a vocabulary of terms used within the given lecture and availability of a search engine within the main modules.

The weight coefficient  $W_j$  is calculated by (38), where  $V_j$  is the coefficient of variation, characterized by the agreement of assessments of the experts and it is calculated by (33). The results are shown in Table 4.41. The calculated weight coefficients are presented in Figure 4.10. The system has to be optimized emphasizing the relationship with other resources for any further information on the examined problem, using various multimedia components and encouraging the critical thinking and creativity.



## Conclusion

Web-based learning system in medical disciplines is designed and developed. The structure and functions of the modules of the system are described. A comparison of the developed system with other known software platforms was made. An approach to quantify the quality and effectiveness of Web-based learning system is applied. This approach is based on the method of expert assessments. An experimental application of the approach with the participation of experts and teachers from several companies and universities is conducted. The aim is to optimize the system performance and the results were analyzed. As a result of the implementation of the optimization approach, with fixed quantitative estimates is defined and solved optimization problem to evaluate the potential of the developed information system and improve its characteristics. The results of the research show that the criterias based on the ISO 9126 standard for quality software products, the system has the potential to improve its performance in three of the most important evaluation criterias. According to the didactical criterias the experts are positive in the terms of opportunities for the creation of training modules on various courses. Generally, there are received a guidelines for improving the system in both directions for assessment of quality - such as programming and educational product.

## Contributions of the PhD thesis

The main results have scientific features and can be applied in the practice as well.

1. Standards and models for assessing the quality of software products are analyzed.
2. Web-based system for e-learning in medical disciplines is designed and implemented. The major components of the system developed and the specific functions are synthesized - "Virtual patient" and "Virtual models". The necessary database and information processes for program modules are designed. The functionality of the proposed information system is evaluated. The system is compared to the known software platforms. Some advantages of the system to carryout of the specific functions for medical learning are defined.
3. A procedure to quantify the characteristics of the information system is developed. The method of expert assessments is applied. A choice of indicators for the quality of the system is made in two ways: 1) an approved standard for assessing software - ISO 9126; 2) a didactical indicators based on the opinions of experts from education.
4. The characteristics of processes in the information system are quantitatively evaluated. The evaluation was made with the participation of experts from several companies in the field of information technology and teachers in universities.
5. With certain quantitative assessments is defined and solved optimization problem to evaluate the potential of the developed information system and improve its performance. The results of the research show that the criterias based on the ISO 9126 standard for quality software products, the system has the potential to improve its performance in its Usability, Functionality and Portability.

According to the didactical criteria the assessment of the experts is positive in terms of opportunities for the creation of training modules on various courses.

## Bibliography

[109] Stojanov, S. Methods and algorithms of optimization. Sofia, Technica, 1990.



## АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност 02.21.10 „Приложение на принципите и методите на кибернетиката в различни области на науката“

### ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПРОЦЕСИ В ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ

*Елисавета Димитрова Тричкова*

Ръководител: доц. Красимира Стоилова

Научно жури:

Проф. Идилия Бачкова  
Проф. Станимир Стоянов  
Проф. Ганка Косекова  
Доц. Иван Мустакеров  
Доц. Красимира Стоилова



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:

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 придържаме 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 програмен 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

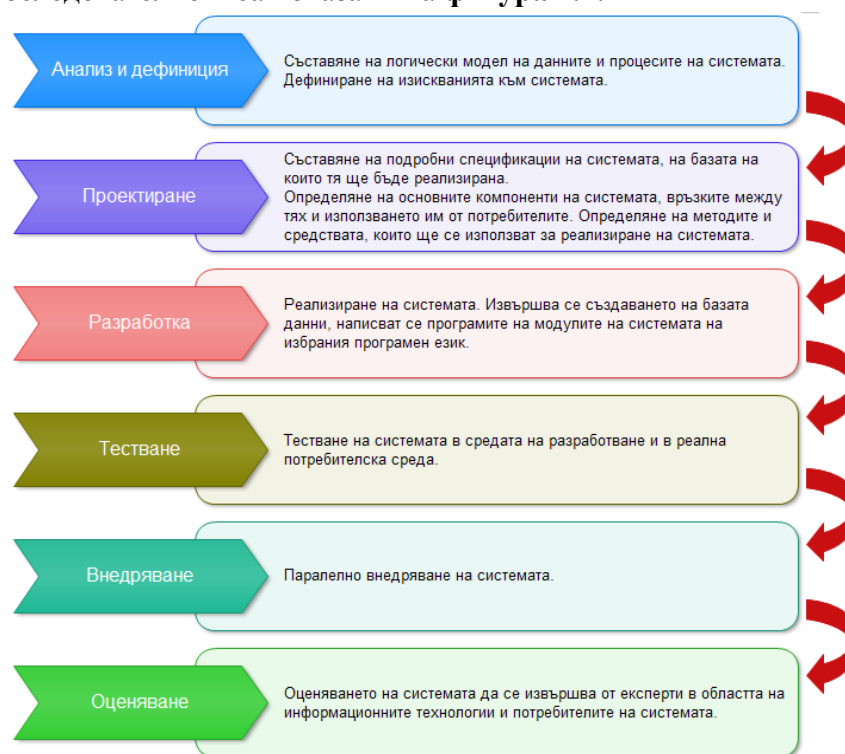
### 2.1 Увод

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 реляционната система за управление на бази данни (СУБД) MySQL.

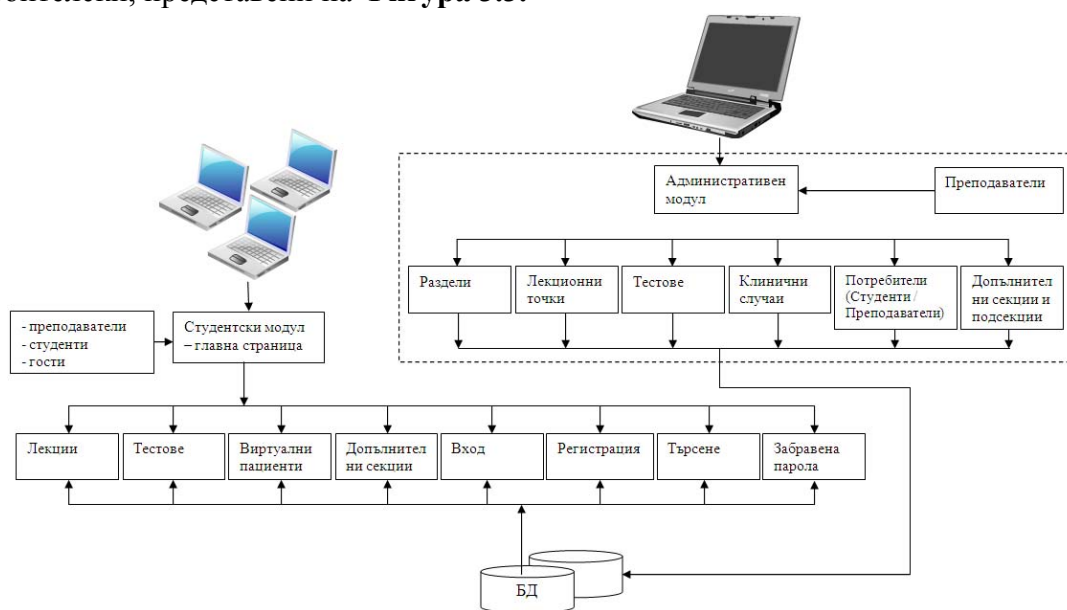
Цялото съдържание, управлявано и публикувано от системата се съхранява в база данни в която има информация за регистрираните потребители в системата, за катедрите и курсовете, за разделите на всеки курс, за съставните части на разделите: Лекции, Тестове и Виртуални пациенти, за въпросите в тестовете 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 сървъра, 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**.



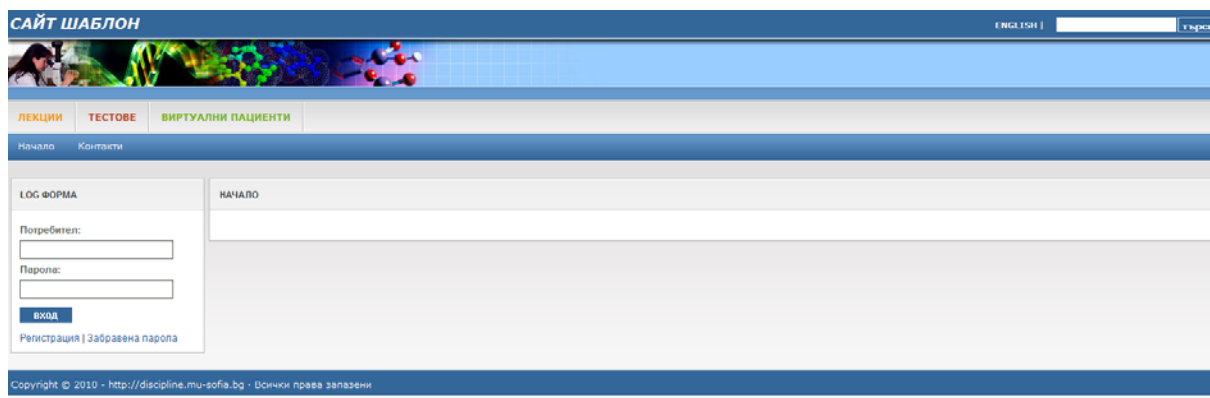
**Фигура 3.3:** Структурна схема на модулите на системата и връзката между тях



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

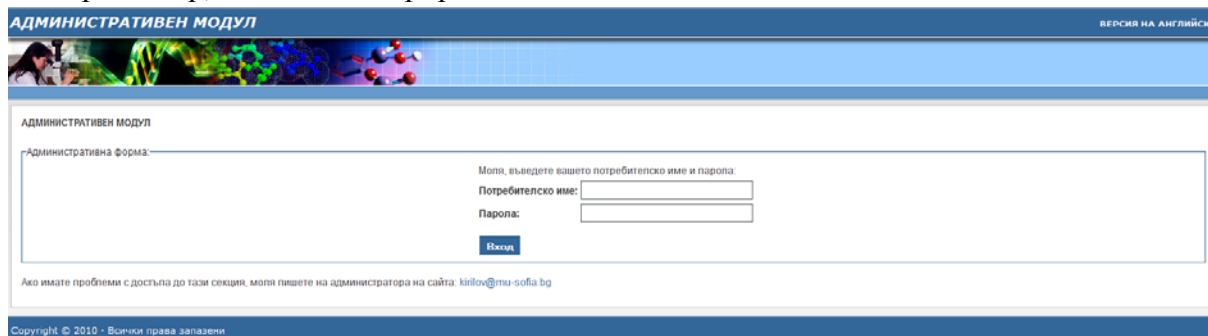
дясната част на екрана се визуализира списък с тестове от избрания тип и студентът може да направи своя избор. Заглавието на тестовете е дефинирано като въпрос с предложени отговори. Тестовете позволяват различни режими на представяне на въпросите: последователно или случайно в рамките на целия тест 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.

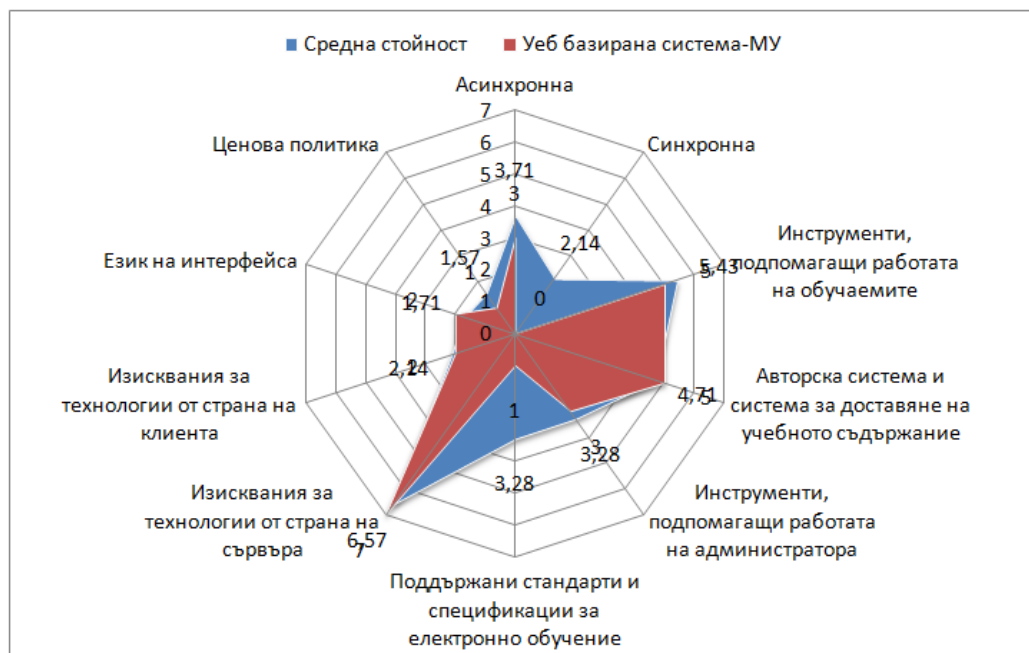
### 3.3 Сравнение на разработената система с други български и чужди системи в областта на електронното обучение

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 показателите 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
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Функционалност</b> (удачност, точност, взаимоработоспособност, сигурност, съгласуваемост)</li> <li>- <b>Безотказност</b> (отработеност, отказоустойчивост, възстановяемост, съгласуваемост)</li> <li>- <b>Използваемост</b> (разбираемост, изучаемост, манипулативност, привлекателност, съгласуваемост)</li> <li>- <b>Продуктивност</b> (продуктивност по време, продуктивност по ресурси, съгласуваемост)</li> <li>- <b>Обслужваемост</b> (анализируемост, изменяемост, стабилност, изпитваемост, съгласуваемост)</li> <li>- <b>Преносимост</b> (приспособимост, инсталируемост, съвместно съществуване, заменимост, съгласуваемост)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Степен на логическа последователност на учебния материал;</li> <li>- Свързаност на компонентите на учебния материал;</li> <li>- Насърчаване за критично мислене и креативност;</li> <li>- Връзка с други ресурси за допълнителна информация за изучавания проблем;</li> <li>- Използване на различни мултимедийни компоненти;</li> <li>- Наличие на речник на използваните термини в лекционния материал;</li> <li>- Наличие на търсеща машина в основните модули.</li> </ul>

### 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 анкетирания 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	$E_{x_1}$	$E_{x_2}$	$E_{x_3}$	....	$E_{x_i}$	....	$E_{x_R}$	$S_j$	$S_{jav}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
Показатели												
$y_1$	$a_{11}$	$a_{21}$	$a_{31}$	....	$a_{i1}$	....	$a_{R1}$	$S_{i1}$	$S_{iav1}$	$\delta_1$	$V_1$	$W_1$
$y_2$	$a_{12}$	$a_{22}$	$a_{32}$	....	$a_{i2}$	....	$a_{R2}$	$S_{i2}$	$S_{iav2}$	$\delta_2$	$V_2$	$W_2$
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
$y_j$	$a_{1j}$	$a_{2j}$	$a_{3j}$	....	$a_{ij}$		$a_{Rj}$	$S_{ij}$	$S_{iavj}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
$y_m$	$y_{1m}$	$y_{2m}$	$y_{3m}$	....	$y_{im}$	....	$y_{Rm}$	$S_{im}$	$S_{iavm}$	$\delta_m$	$V_m$	$W_m$

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

$$S_j = \sum_{f=1}^R a_{if} \quad (28)$$

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:

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

- 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  $\delta_j$  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  $\chi^2$ -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  $Z > Z_{табл.}(\alpha, \nu_1, \nu_2)$ , коефициента на съгласие  $w_k$  е значим.  $Z_{табл.}(\alpha, \nu_1, \nu_2)$  се взема от таблица (Приложение 1) при степени на свобода

$$\nu_1 = m - 1 \quad (35)$$

$$\nu_2 = (R-1)\nu_1 \quad (36)$$

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

При  $m > 7$  се изчислява величината:

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

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

$\chi_{табл.}^2$  се взема от таблица (Приложение 2) при степени на свобода  $\nu = m-1$  и ниво на

значимост  $\alpha$  (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 (целеви 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:  $S_{av} = 52.5$ .

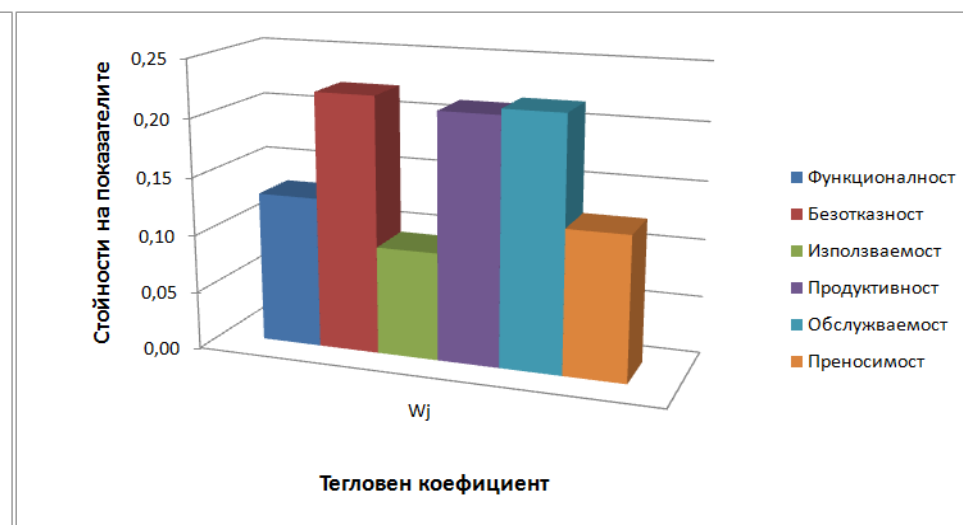
Въз основа на данните от **таблица 4.25** са изчислени сумата от оценките на всички експерти  $S_j$  за всеки един показател по формула (28), средната стойност на групата от експерти  $S_{jav}$  за всеки показател по формула (29) и отклонението  $\delta_j$  за степента на съгласуване на мненията на експертите 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	$E_{x_1}$	$E_{x_2}$	$E_{x_3}$	$E_{x_4}$	$E_{x_5}$	$E_{x_6}$	$E_{x_7}$	$E_{x_8}$	$E_{x_9}$	$E_{x_{10}}$	$E_{x_{11}}$	$E_{x_{12}}$	$E_{x_{13}}$	$E_{x_{14}}$	$E_{x_{15}}$	$S_j$	$S_{j_{ав}}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
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:

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

$$V_1 x_1 + V_2 x_2 + V_3 x_3 + V_4 x_4 + V_5 x_5 + V_6 x_6 \geq 1$$

$$W_1 x_1 + W_3 x_3 + W_4 x_4 \geq 1$$

$$W_2 x_2 + W_3 x_3 + W_6 x_6 \geq 1$$

$$W_3 x_3 + W_6 x_6 \geq 1$$

$$x_j \geq 0$$

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  $S_{j_{av}}$  (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:

$$\max_x \left[ \frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right] \begin{cases} A \cdot x_j \leq b \\ A_{eq} \cdot x_j = b_{eq} \\ l_b \leq x_j \leq u_b \\ x_j \text{ в векторно число} \end{cases} \quad (42)$$

където  $Q$ ,  $A$ ,  $A_{eq}$ ,  $R$ ,  $b$ ,  $l_b$ ,  $u_b$ , са матрици,  $b_{eq}$  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

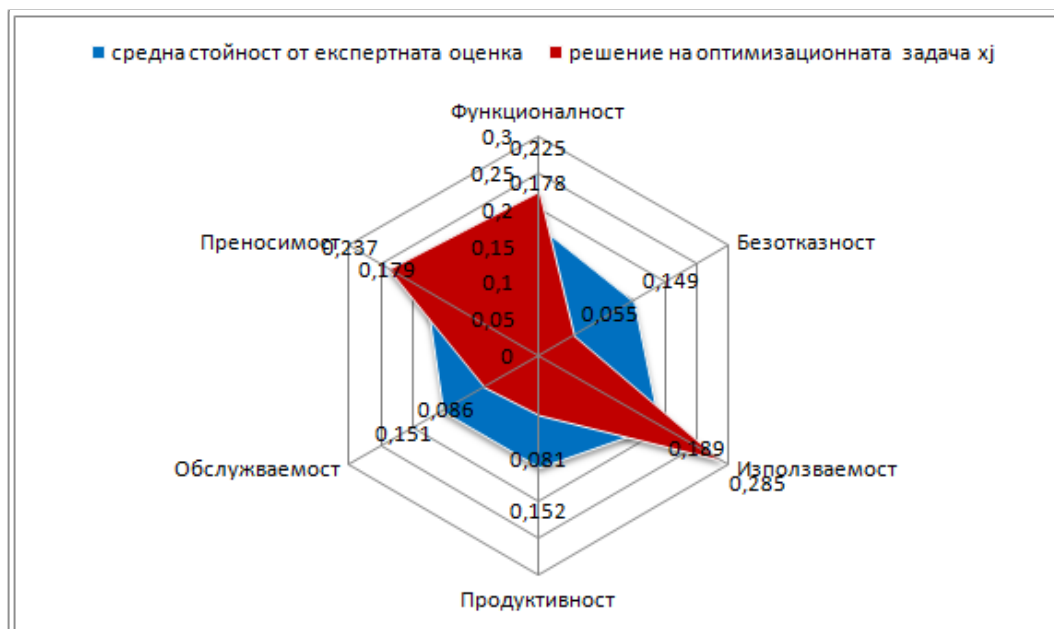
$$\max_x \left[ \frac{1}{2} x_j^T Q x_j + R^T x_j \right], \text{ като } A \cdot x_j \geq b \quad (44)$$

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  $S_{j_{av}}$

$x_j$  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  $S_{j_{av}}$  (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

$$x_j = \text{quadprog}(Q, R, A, h, A_{eq}, h_{eq}, L_b, u_b) \tag{50}$$

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

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

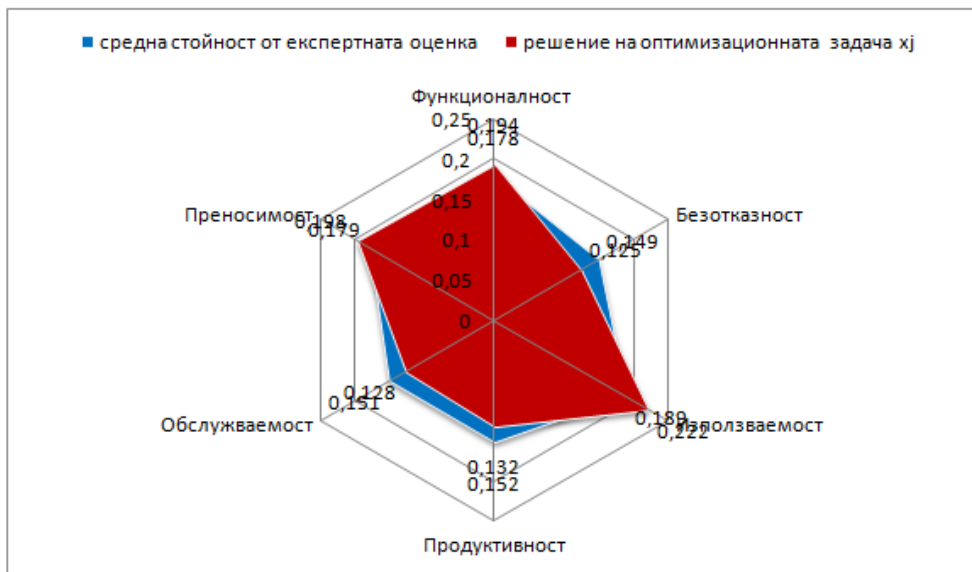
Където  $l_b$  и  $u_b$  са матрици като  $u_b$  е произволно избрана горна граница.

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  $S_{f_{avg}}$

$x_j$  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**:



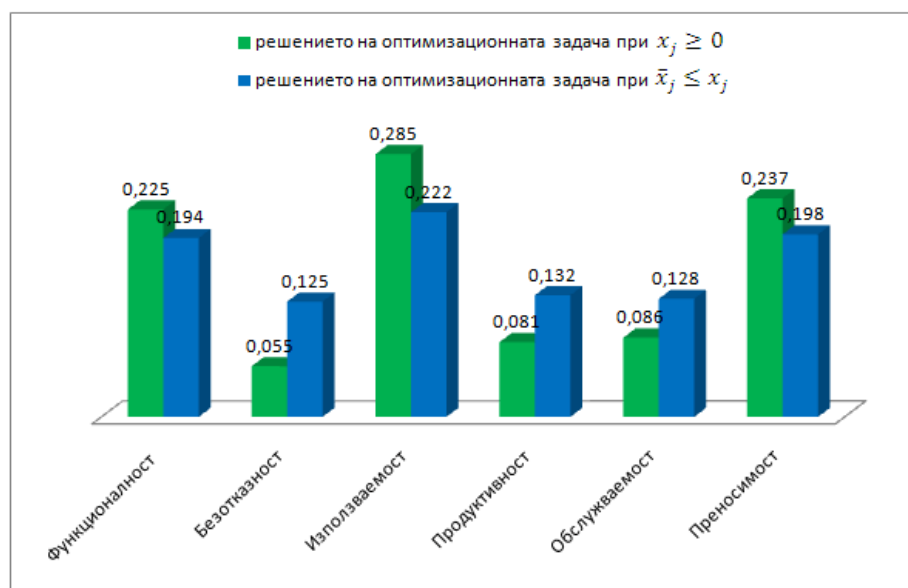
**Фигура 4.6:** Сравнение между средна стойност от експертната оценка  $\bar{x}_j$  и решението на оптимизационната задача  $x_j$

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 по-малки 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 оценката 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 системата 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 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.

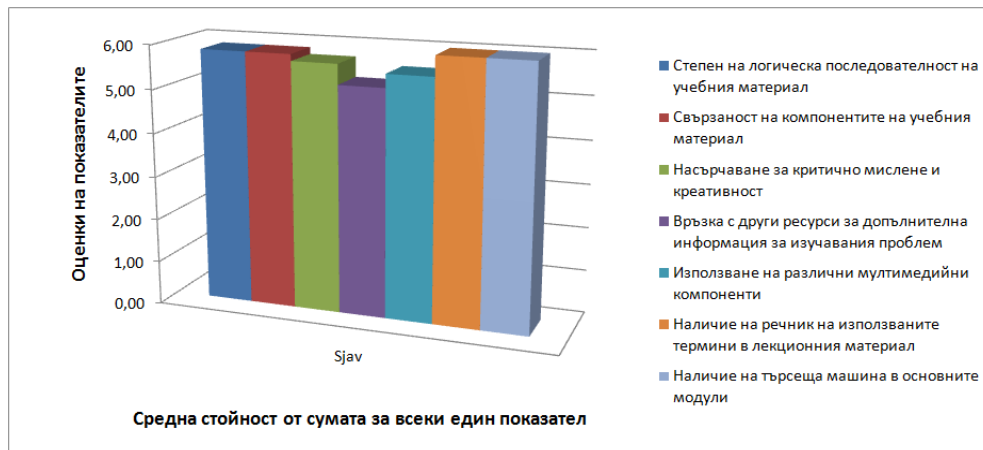
Степента на компетентност на анкетиранияте преподаватели се определя чрез израза:

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

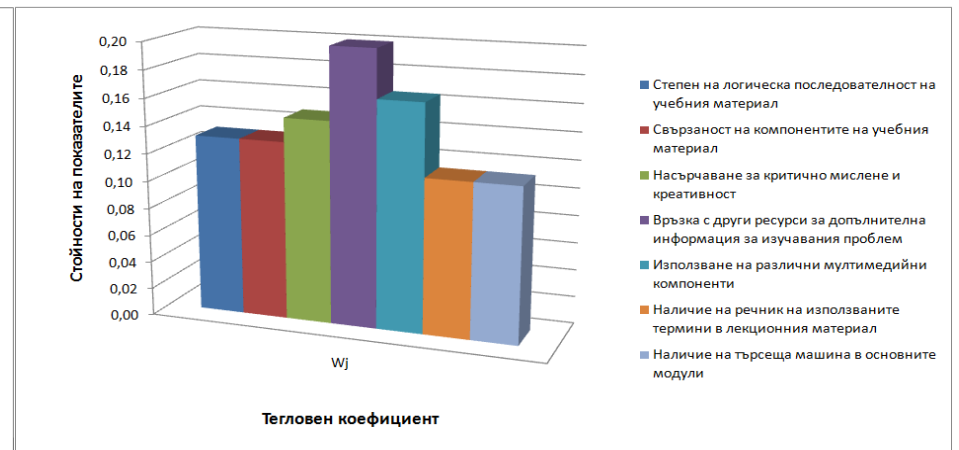
Резултатите от анкетирането са дадени в таблица 4.41. Средната сума от всички точки (оценки), определена по формула (30) е:  $S_{av} = 52$ .

Таблица 4.41 Тегловна матрица

Показатели	Експерти													$S_j$	$S_{jav}$	$\delta_j$	$V_j$	$W_j$
	$Ex_1$	$Ex_2$	$Ex_3$	$Ex_4$	$Ex_5$	$Ex_6$	$Ex_7$	$Ex_8$	$Ex_9$	$Ex_{10}$	$Ex_{11}$	$Ex_{12}$	$Ex_{13}$					
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  $\delta_j$  за степента на съгласуване на мненията на преподавателите по формула (31) и резултатите са дадени в същата таблица. Коэффициентът на съгласие по формула (32) се получава:  $w_k = 5,27$ .

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

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.



# Abstracts of Dissertations

Number 5, 2014

---

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES  
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ  
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

---

Брой 5, 2014

# Автореферати на дисертации