

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES



4 / 2012



FORECASTING AND
ASSESSMENT OF THE
EFFECTIVENESS OF
E-LEARNING IN HIGHER
EDUCATION THROUGH
BALANCED SCORECARD
AND NEURAL NETWORKS

Petar Halachev

ОЦЕНЯВАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ
НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА
ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ
ВЪВ ВИСШЕТО ОБРАЗОВАНИЕ
ЧРЕЗ БАЛАНСИРАНА СИСТЕМА
ОТ ПОКАЗАТЕЛИ И НЕВРОННИ
МРЕЖИ

Петър Халачев

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
И-мейл: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
И-мейл: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
И-мейл: 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

Rayna Georgieva

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

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: 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.



ABSTRACT OF PhD THESIS

FORECASTING AND ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF E-LEARNING IN HIGHER EDUCATION THROUGH BALANCED SCORECARD AND NEURAL NETWORKS

Petar Mihajlov Halachev

Supervisor: Assoc. Prof. Ivan Mustakerov

Approved by Supervising Committee:

Prof. Ivan Ivanov

Assoc. Prof. Svetla Vassileva

Assoc. Prof. Silvia Popova

Assoc. Prof. D.Sc. Krasimira Stoilova

Assoc. Prof. Ivan Mustakerov



The PhD thesis is discussed and allowed to be defended during an extended session of the Department of Information Processes and Systems at IICT-BAS, which had been held on June 12, 2012.

The defense of the PhD thesis had been held on October 10, 2012 at 15:30 in Room 507, Block 2, IICT - BAS.

Data about the PhD thesis:

- *number of pages – 141,*
- *number of figures – 29,*
- *number of tables – 42,*
- *number of list of references – 155,*
- *number of publications on the topic of the PhD thesis – 10.*

INTRODUCTION

Currently, the changes occurring in the society place global challenges in front of mankind. The level of professional knowledge and skills fail to keep pace with scientific and technological advance. The importance of the investment in education grows all over the world.

In contemporary conditions the essence, role, methods and technologies of education change in high schools. New electronic educational forms remove the traditional ones. Naturally the question springs up: how to assess and predict the effectiveness of the e-learning? From this viewpoint, the development and application of mathematical models that allow assessment of the effectiveness of the educational organization activities using an e-learning form becomes ever more topical.

Key words: *Balanced scorecard, e-learning effectiveness, neural networks, principal component analysis*

The purpose of the dissertation is the development of models to assess and predict the effectiveness of the e-learning in high schools and the adequate algorithms of their application.

In order to achieve the purpose it is necessary to solve the following **problems**:

1. To make a review and analysis of the available models and strategic approaches suggested for assessment and prediction of the e-learning effectiveness.
2. To develop a model on the basis of a balanced scorecard suggesting appropriate indicators of qualitative assessment of e-learning effectiveness and forming an adequate algorithm for implementation in high schools.
3. To suggest a model of a suitable neural network structure for prediction of the e-learning efficiency as well as corresponding algorithm for building a neural network that is operable at small data sample.

METHODOLOGY OF THE STUDY

In order to achieve the set target and to resolve the tasks growing of it, the systematic approach and the traditional research methods are used in the dissertation: inquiry method, comparative method, grouping method, graphical presentation of tendencies and the conclusions following from them, systematization of the accumulated empirical data. Correlation analysis, interpolation, analysis by the method of principle components are used for preliminary data treatment. The apparatus of artificial neural networks is applied to predict the resultant efficiency index.

ANALYSIS OF THE ASSESSMENT AND PREDICTION OF THE E-LEARNING EFFECTIVENESS IN HIGH EDUCATION

The increasingly wider application of the e-learning in high schools sets the problem of its efficiency assessment and prediction[1]. The e-learning efficiency is determined through the degree of conformity between the goals set and the results achieved from its implementation in the high school [2]. Effectiveness is considered both as internal to the educational process and as external in terms of the realization of the graduated students at labor market.

The e-learning efficiency is affected by factors related to investment size, technologies applied, motivation and experience of the participants [3], [4], [5], [6], [7]. In order to assess their efficiency, accurate and reliable quantitative and qualitative indicators are required, reflecting the efficiency both of the educational activities and of the learning process results. The examination of the dependences between the indicators of the learning process efficiency and the learning process results will result in assessment and improvement of the e-learning efficiency both in terms of the current moment and of the future.

The assessment of the e-learning effectiveness is connected also with assessment of its quality. The e-learning quality is characterized by its ability to meet the requirements of the users. Standards

such as ISO/IEC 19796-1, ISO 9126, ISO 25000, etc. [8], are applied in the assessment of the e-learning quality.

Kirkpatrick [9], Holton[10], Khan[11], Rosenberg[12] models of assessing the e-learning effectiveness as well as Stufflebeam and Shinkfield CIPP model (Context input process product evaluation) [13] are widely known and implemented. The cited models reflect to a large extent the key aspects of e-learning effectiveness assessment but do not contribute in a sufficient degree to revealing the effect of the e-learning effectiveness indicators on the resultant indicators. Therefore, for assessment of the e-learning effectiveness it is necessary to apply sophisticated strategic management approaches that allow following assessment of efficiency indicators to apply adequate measures of removing the weaknesses and oversights in the e-learning process of the education institution.

As a result of the research, analysis and assessment of different management approaches carried out, balanced scorecard [14] is chosen as a system of interconnected perspectives, goals and indicators reflecting the state of the main lines in learning process and permitting to find out and remove the causes of incompliance in the processes running in the educational institution.

The successful realization of the high schools at the market of educational services depends on the degree of achieving the set purposes. The organization and management of the processes going in high education when e-learning is applied are connected to decision making. The possibility to predict certain results of the management process before making a decision allows making the maximum good choice among different e-learning alternatives.

Different methods are applied for prediction of e-learning efficiency – extrapolation, expert assessment method [15], comparison method, mathematical modeling. The presented statistical and mathematical models are applied to assess and reveal the interconnection between particular specific aspects of e-learning efficiency – the probability of students falling off learning; analysis of students' results; comparison of the quality of teaching materials of the individual disciplines. The functional dependence between the BSC indicators and the resultant indicators of the e-learning could be assessed by methods that allow modeling of dependences between a large numbers of variables together with taking into account the effect of many factors on the e-learning application. A widespread method to predict and manage various social systems is based on the use of neural networks (NN). NN are suitable for solving such problems as they permit approximation of complex and non-linear dependences. For the solution of application problems NN should be trained in advance. The training process resembles experience accumulation and it is of essential importance for the improvement of their operation.

As a result of the performed analysis the BSC approach in combination with specific for the e-learning in high schools resultant indicators is chosen for assessment of the e-learning effectiveness. For preparation of prognosis of resultant indicators for e-learning effectiveness on the base of BSC indicators the neural networks apparatus is chosen because of its ability to approximate the complex non-linear dependences existing in the e-learning process.

ASSESSMENT OF THE E-LEARNING EFFECTIVENESS BY BALANCED SCORECARD

The dissertation presents development of balanced scorecard (BSC) model for electronic education high school. The model covers determination of the following components: mission, strategic priorities, perspectives and purposes of the educational institution; BSC strategic map; indicators of assessing e-learning efficiency; resultant indicators of e-learning efficiency.

In compliance with Kaplan and Norton classical strategic map and the specific features of master education in e-learning high school the following 4 perspectives are determined in the present dissertation work:

1. Finances;
2. Users;
3. Educational process;
4. Personnel development.

These four BSC perspectives have cause-and-effect relation between them. The cause-and-effect relations visualize the interconnection and dependence between the perspectives and goals in the strategic map.

Main BSC components are the effectiveness indicators (KPI – Key Performance Indicator). They serve the purpose of assessing the high school efficiency and are bound to the strategy, purposes and tasks set to it. The present dissertation paper for assessment of e-learning effectiveness in high school suggests the described in Table 2.1 perspectives, purposes and indicators.

	Purpose	Indicator
Financial perspective	Increase of income	Income from student taxes
		Income from research projects
		Income from sponsors
		Income from selling electronic teaching materials
	Decrease of expenses	Expenses for development of 1 electronic course
		Expenses for hardware and software depreciation
Expenses for staff salaries and insurance		
Users	Increased image of high school with e-learning in society	Candidates for 1 position
		Average grades of master candidates
	Increase of student satisfaction	% students satisfied by their education
	Increased image of high school amidst firms and business organizations	% students with taxes/grants paid by business
Education process	Improvement of teaching process quality	Average time spent by 1 student in e-learning
		Number of tests made in 1 discipline
		Interactivity degree of the educational courses
		Hours spent in traditional meetings between participants
	Teaching process optimization	Students taught by 1 lecturer
	Innovation in the teaching process	Number of new subjects
		Number of new electronic courses
Number of updated electronic courses		
Personnel	Staff motivation	% lecturers satisfied by the teaching process
	Staff qualification	Average publications of 1 lecturer
		Average participations in conferences of 1 lecturer
		Number of lecturers defended scientific degree Doctor/ Doctor of Sciences
		Number of habilitations
		Number of conferences organized in connection with e-learning

Table 2.1. BSC perspectives, purposes and indicators of electronic learning high school

The so called *resultant indicators* are introduced together with them; they show the final results of the educational process and report for the degree of achieving the aims set by the educational organization. The resultant indicators show the e-learning process status at the system outlet depending on the operational efficiency of the educational organization. The present dissertation paper suggests the following resultant indicators for assessment of the achieved results by the e-learning: average grades of the students; academic performance index; number of continued to a next degree of education „Doctor“; relative share of working in their specialty to the total number of graduated students.

Through prediction of the resultant indicators on the basis of the values of the BSC effectiveness indicators the interconnection between them could be proved, that is to say:

improvement of aspects such as financial provision, education process organization, personnel qualification and progress lead to increase of the educational process results.

The expenses for development of electronic teaching materials have considerable importance in the assessment of e-learning efficiency. The present dissertation suggests two models of assessing the indicator „time of developing electronic teaching materials/aids“. In the development of the models it is assumed that the time of developing a future course could be defined in accordance with the tendencies and rules established in a passed period. Many factors affect the process of electronic course design and development such as: qualification and experience of executives, degree of interactivity, course duration, etc. The main idea of the first model is based on the use of the classical dependence of the single-factor regression analysis:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad (2.2)$$

where y is the dependent variable, x is the independent variable, α is constant coefficient, β is coefficient of the variable x and ε is coefficient of the effect of various external factors („noise“ coefficient). Numerical example illustrates the model applicability.

Russel [16] and Kapp [17] suggest a model that involves the indicators “executive experience”, “project complexity”, “external factors” and “course interactivity degree”. In the present dissertation paper additional normalized weight coefficients for all indicators are introduced to Kapp model having values in the range from 0 to 1.

The values of the used indicators t , l , m , n and their corresponding weight coefficients k_t , k_l , k_m and k_n (defined on the base of empirical data and data from publications) are presented in Table 2.6.

Indicator	Executive experience t (years)	Project complexity & number of participants in it l (people)	External factors m	Interactivity degree n
Min	(> 5 years) $t = 0$	(1 – 10 people) $l = 0$	(weak) $m = 0$	(no) $n = 0$
Max	(≤ 1 year) $t = 1$	(more than 10 people) $l = 1$	(strong) $m = 1$	(complete) $n = 1$
Weight	$k_t = 0.4$	$k_l = 1$	$k_m = 0.4$	$k_n = 3$

Table 2.6. Indicators and weight coefficients affecting the time of e-learning course development

Modification of Kapp model for determination of the electronic course development time is suggested and taking into account the introduced additional weight coefficients the following formula is proposed:

$$y = x + x * (k_t * t + k_l * l + k_m * m + k_n * n) \quad (2.8)$$

where y is the predicted time of electronic course development, x is the evaluated in advance time of electronic course development, k_t , k_l , k_m and k_n are weight coefficients of the introduced indicators t , l , m and n .

The suggested formula allows for assessment of the time required to develop an e-learning process of higher accuracy degree and provides possibility to calibrate the indicators by varying the weight coefficients.

The dissertation presents examination of two models accounting for the influence of the factors time devoted by students to on-line learning and number of visited hypertext connections (links) of additional teaching materials on the resultant indicator “test rating”:

By regression and multiple correlation analyses, a directly proportional dependence is found out between the test rating (y) and the time of on-line learning as well as dependence on the number of visited hypertext connections. Increase of hours devoted to e-learning and visited hypertext connections increases the results of the students. Fig. 2.5 shows the dependence between on-line learning time and test rating.

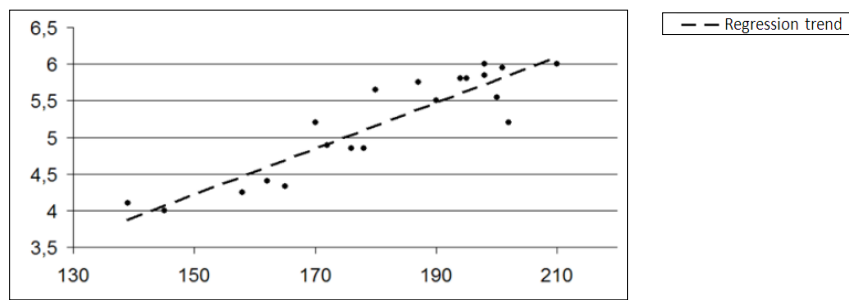


Fig. 2.5. Dependence between on-line learning time and test rating

The dissertation paper presents a developed algorithm of BSC implementation in electronic education high school (Fig. 2.7):

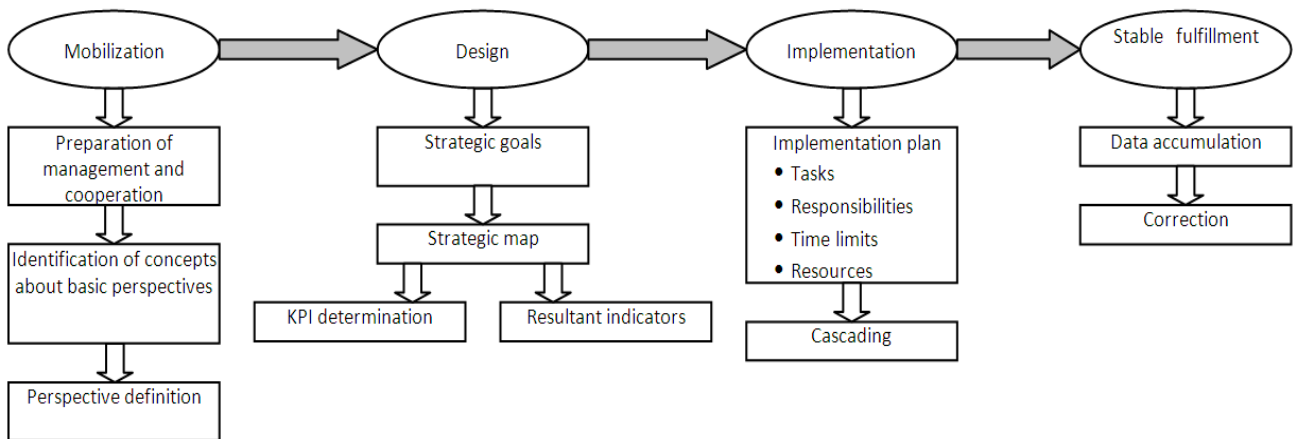


Fig. 2.7. Algorithm of BSC implementation in e-learning high school

The dissertation shows experimental implementation of BSC for assessment of e-learning efficiency in high school realized by means of BSC Designer [18].

Appropriate tool to assess the BSC applicability in high school of e-learning is the so called SWOT analysis [19]. In spite of some limitations and weaknesses, BSC could serve the purpose of a system to assess the effectiveness and management of e-learning high schools. BSC reduces the mission and strategy of the organization applying e-learning to a balanced complex of interconnected indicators which give brief but sufficiently full information about the progress of the educational organization towards the fulfillment of the tasks and achievement of its goals. BSC could be successfully implemented as a mean of motivation and feed back in the realization of electronic learning process in high education.

PREDICTION MODEL OF ELECTRONIC EDUCATION EFFECTIVENESS BY NEURAL NETWORKS

One of the tasks of the dissertation paper is construction of an adequate and sufficiently accurate for practical application model for prediction of the effectiveness of e-learning by neural network (NN). A model of NN structure is developed in combination with principal components analysis [20] (PCA) for the fulfillment of this task. Algorithm is suggested for the development of model of prediction NN structure with the following steps:

- Data centering and normalization;
- Data correlation analysis. At this step indicators of high correlation between them are removed;
- Data interpolation;
- Data correlation analysis with the aim to examine to what degree the correlation between the individual indicators is retained after the interpolation;
- PCA of the input indicators;
- NN simulation.

The following formula is used for data centering [21], [22]:

$$x' = x - x_{avg.} \quad (3.1)$$

where $x_{cp. ap.}$ is the average arithmetic value of the variable x , and x' is the new centered value. As a result of the centering the average arithmetic value of the centered data equals to zero.

The following formula is used for data normalization [23]:

$$x'' = \frac{x'}{\sigma} = \frac{x - x_{avg.}}{\sigma} \quad (3.2)$$

where x'' is the new normalized value of the variable, and σ is its dispersion which as a result of the normalization becomes equal to 1.

Before performing PCA it is necessary to analyze the correlation coefficients between variables in order to remove those of them whose correlation to other variables is higher than 0.9. Table 3.3 presents the variables removed from the data set due to their high correlation.

#	Income from research projects	Income from selling electronic teaching materials	Expense for equipment and software depreciation	Relative share of students sponsored by business	Average number of tests conducted	Degree of interactivity	Average time for F2F training in 1 discipline	Students taught by 1 lecturer	Number of new e-courses	Number of conferences on e-learning organized by high school
1	1.000	0.992	0.834	0.828	0.875	0.945	0.932	0.942	0.836	0.935
2	0.992	1.000	0.888	0.840	0.906	0.972	0.965	0.969	0.857	0.961
3	0.834	0.888	1.000	0.840	0.957	0.916	0.965	0.960	0.774	0.893
4	0.828	0.840	0.840	1.000	0.873	0.778	0.871	0.906	0.630	0.751
5	0.875	0.906	0.957	0.873	1.000	0.918	0.941	0.963	0.830	0.852
6	0.945	0.972	0.916	0.778	0.918	1.000	0.961	0.959	0.929	0.980
7	0.932	0.965	0.965	0.871	0.941	0.961	1.000	0.993	0.805	0.955
8	0.942	0.969	0.960	0.906	0.963	0.959	0.993	1.000	0.825	0.936
9	0.836	0.857	0.774	0.630	0.830	0.929	0.805	0.825	1.000	0.869
10	0.935	0.961	0.893	0.751	0.852	0.980	0.955	0.936	0.869	1.000

Table 3.3. Correlation coefficients between BSC indicators higher than 0.9

The correlation coefficients between the resultant indicators do not exceed 0.85 and therefore removal of any of them is not necessary.

In the present dissertation paper the algorithm "Hermitean" [24], [25] is chosen because the interpolated data do not exceed the maximum value of the reference data nor they go down below their minimum.

The interpolation of input and output data is preceded by determination of the required number of interpolated data points by means of the following system:

$$\begin{cases} s > \frac{r-k}{k-1} \\ s \in N; \min(\xi) \end{cases} \quad (3.8)$$

where: r – is number of variables; k – score (number of years); s – score necessary for the purposes of PCA.

For interpolation of the variables it is enough to create one median point each. Following this step the data sample contains 15 variables and 17 cases.

Fig. 3.4 presents the obtained by interpolation median points and the initial values of the indicator „Income from students' taxes“.

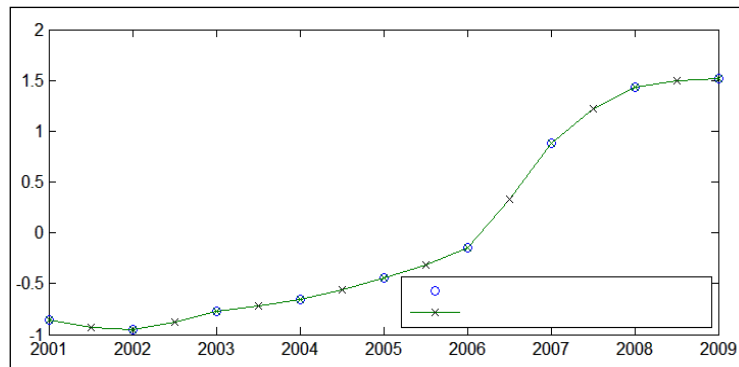


Fig. 3.4. Interpolation of indicator „Income from students' taxes” by Hermitean method

In order to examine to what extent the dependences in the data are retained it is necessary to make correlation analysis of the input variables before and after the interpolation and to compare the results. If the dependences in the data are retained, the difference in the correlation coefficients before and after the interpolation is minimal. The averaged variation of the correlation coefficients after the interpolation of the input indicators is in the range of 0.01 ÷ 0.03, and that of the resultant indicators is zero, i.e. the correlations between the variables before and after the interpolation are retained in the permissible limits.

In the presence of several variables connected with correlation coefficients, by means of PCA their number could be reduced to several less in number principle variables. The problem is reduced to defining the values of these components and the consequence of applying the analysis is decrease of the data dimension. In solving the problem, the value space of the variables is reduced to space of lower dimension with the purpose of improving the neural network operation. After carrying out PCA, by means of specialized statistical software [26], 4 principle components are obtained that reflect together 90.239 % of the variation in the original data.

The prediction of the electronic education efficiency could be treated as function approximation. Considering the quantity of available data, NN of linear and non-linear activation functions (Hornik [27], Haykin [28], etc.) stand out as appropriate to construct prediction model.

The NN simulation is performed according to the following algorithm:

- NN training by known data for certain period;
- Preparation of prediction about the values of the resultant indicators for this period;
- Calculation of the obtained error.

When working with NN, usually the training data are divided in proportion 80 % for training and 20 % for test. NN is trained by the first part of the sample and then tested on the second part. On the basis of the predicted output values from NN and the actual data from the sample, the error produced by NN is determined. When the available data cover a comparatively short period of time it is not advisable to determine test sample. For the available data adequate method to assess the accuracy of NN operation for training in case of small data samples is the training by the method of Leave One Out (LOO).

The following models of neural network structures are simulated: NN of linear activation function, optimized NN structure of linear activation function, NN of non-linear activation function and optimized NN structure of non-linear activation function.

Simulation of neural network of linear activation function

The results of NN training by linear activation function with actual data for BSC indicators of electronic education in high school for a period of 8 years and its testing by entering known input data for the ninth year.

In the beginning of the training the error is considerable and with the progress of training it decreases, after the twentieth training cycle going to its minimum value.

In order to increase the prediction accuracy, a method is applied to improve NN of linear activation function. The improvement of NN structure is performed by the OBD algorithm [29] (Optimal Brain Damage). As a result a structure is obtained shown in Fig. 3.6, where the dotted lines mark the synaptic weights that drop out from the initial structure:

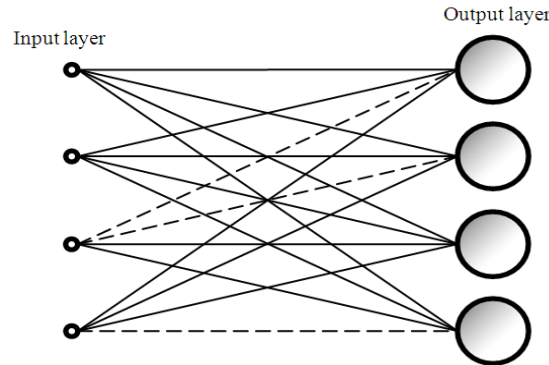


Fig. 3.6. Diagram of NN of linear activation function

Simulation of neural network of non-linear activation function

In the construction of neural network of non-linear activation function it is necessary to determine both the number of hidden layers and the number of neurons in it. From the main approximation theorem it follows that only one hidden layer is sufficient.

The number of neurons in the hidden layer is calculated by the system [30]:

$$\begin{cases} \frac{mN}{1 + \log_2 N} \leq L_w \leq m \left(\frac{N}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m \\ L = \frac{L_w}{n + m} \\ 2(L + n + m) \leq N \leq 10(L + n + m) \end{cases} \quad (1.3)$$

where n – dimension of the input signal; L – number of hidden layers; L_w – required quantity of synaptic connections; m – dimension of the output signal; N – number of components in the training sample.

Following the necessary calculations on the basis of the known actual data it is determined that five neurons in the hidden layer are sufficient to build the structure of neural network of non-linear activation function.

The obtained structure of NN of non-linear activation function on which the OBD method is applied is shown in Fig. 3.9, where the dotted lines mark the removed synaptic weights.

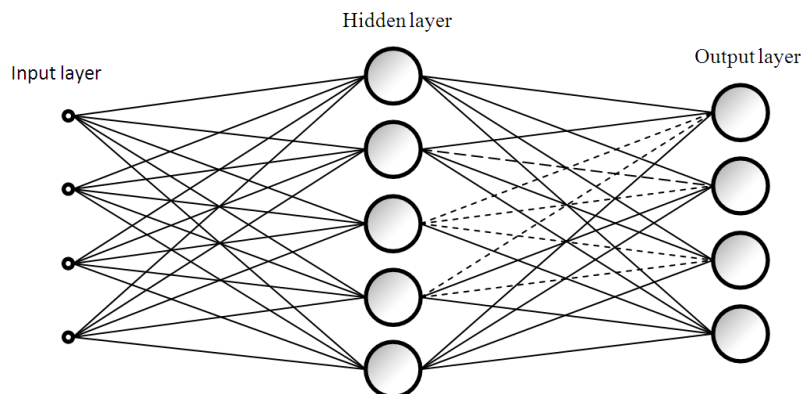


Fig. 3.9. Diagram of optimized NN of non-linear activation function

After training NN of non-linear activation function with actual data of BSC indicators for electronic education in high school for a period of 8 years, prediction is made about the values of the resultant indicators for the following year that are compared with the known data for the same year.

The generalized data about the predictive values of the resultant indicators determined by different NN structures are presented in Table 3.2.

	Average results of the graduating students		Coefficient of progress		Number of continuing to higher educational level - Doctor		Relative share of people practicing the specialty		Average error,%
	value	error	value	error	value	error	value	error	
Range width (min-max)	0.49		0.15		4.00		21.00		
Target value (2009)	5.08		0.83		1.00		58.00		
NN of linear activation function	5.15	14.29	0.83	0.00	2.00	25.00	61.00	14.29	13.39
Optimized NN of linear activation function	5.14	12.24	0.83	0.00	1.00	0.00	61.00	14.29	6.63
NN of non-linear linear activation function	5.15	14.29	0.82	6.67	2.00	25.00	61.00	14.29	15.06
Optimized NN of non-linear activation function	5.12	8.16	0.82	6.67	1.00	0.00	58.00	0.00	3.71

Table 3.20. Generalized data about predictive values of the resultant indicators determined by NN of different structures

The average error obtained as a result of the prediction made using NN of linear activation function is 13.39% of the total range width of the resultant variables. The averaged results of the prediction made by optimized NN structure of linear activation function leads to error of 6.63%, which shows improvement of the prediction capabilities compared to the initial NN structure. The use of NN of non-linear activation function results in prediction error at the rate of 15.06 % of the total range width of the resultant variables. The determination of prediction values of the resultant indicators by optimized NN structure of non-linear activation function leads to error of 3.71 %. From statistical point of view the level of the error is in the permissible limits of 5 %, therefore, it follows that the prediction accuracy of optimized NN of non-linear activation function is higher than that of optimized NN of linear activation function. Five simulations for each NN architecture were carried out with the purpose to verify the choice of optimized NN structure of non-linear activation function as the most accurate. The difference in the results of all simulations varies in the range of (0÷0.5) % of the examined indicator width.

By optimized NN of non-linear activation function 25 predictions are obtained for the values of the resultant indicators for 1 year. Table 3.21 presents the averaged values of the resultant indicators for the year, the average prediction values and the corresponding prediction error.

Indicator	Average results of the graduating students	Coefficient of progress	Number of continuing to higher educational level - Doctor	Relative share of people practicing the specialty
Actual values	5.08	0.83	1.00	58.00
Predicted values (average of 25 experiments)	5.10	0.82	1.02	58.07
Error (average of 25 experiments)	5 %	4 %	3 %	1 %

Table 3.21. Results of 25 predictions of indicator values

Table 3.21 shows that the values of the obtained resultant indicators for the e-learning effectiveness are sufficiently close to the actual ones.

SUMMARY OF THE DISSERTATION CONTRIBUTIONS

The main results of the dissertation paper could be summarized as follows:

1. A model of balanced scorecard (BSC) is developed for assessment of the e-learning effectiveness in high education. Set of resultant indicators is suggested which permits assessment of the e-learning and realization of BSC model feedback on definite indicators. Algorithm for BSC application is elaborated that provides possibility of adaptation to the specific requirements of various e-learning high schools.
2. Two models are developed for assessment and prediction of the time required to work out the electronic course as one of the essential indicators of e-learning efficiency. Advantage of the models is the higher accuracy degree of the assessment of course development time and the possibility to calibrate the indicators through variation of the weight coefficients. On the basis of correlation analysis there are examined two models for assessment of the effect of on-line learning of the students on the resultant indicator "Exam rating".
3. Model of neural network structure is developed for prediction of e-learning efficiency in high education. Advantage of the said model is the combination of neural networks, PCA and interpolation that allows improvement of the prediction accuracy at small data samples. Algorithm and methodology are suggested for realization of the model. The numerical experiments carried out on the base of actual data about the resultant indicators of e-learning verify the applicability of the developed neural network structure for prediction of the e-learning efficiency.

REFERENCES

- [1] W. Horton, Evaluating e-learning, 2001.
- [2] Adel Ben Youssef, David Castillo, Josep Maria Duart, Mounir Dahmani, The Economics of E-learning, 2008.
- [3] H. E. Division, Open and distance learning. Trends, policy and strategy considerations., UNESCO, 2002.
- [4] Dorothy E. Leidner, Sirkka L. Jarvenpaa, The Use of Information Technology to Enhance Management School Education: A Theoretical View, 1995.
- [5] G. Piccoli, Ahmad R., Ives B., Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training., MIS Quarterly 4, 2001.
- [6] E. Osika, D. Camin, Concentric Model for Evaluating Internet-Based Distance Learning Programs, 18th Annual Conference on Distance Teaching and Learning, 2005.
- [7] Y. Levy, Assessing the Value of E-Learning Systems, Science Information Publishing, 2006.
- [8] ISO/IEC 19796-1:2005, Information technology - Learning, education and training - Quality management, assurance and metrics, ISO, 2005.
- [9] D. Kirkpatrick, Evaluating a Human Relations Training Program for Supervisors to Measure Learning Behavior and Results, Dissertation, 1954.
- [10] E. F. Holton, The flawed four level evaluation model, Human Resource Development Quarterly III , 1996.
- [11] B. Khan, Managing E-learning: Design, delivery, implementation, and evaluation, Hershey PA Information Science Publishing, 2005.
- [12] M. Rosenberg, E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age, NY McGraw Hill, 2001.
- [13] Daniel L. Stufflebeam, Anthony J. Shinkfield, Evaluation theory, models, and applications, 2007.
- [14] Robert Kaplan, David P. Norton, Using the Balanced scorecard as a Strategic Management System, Harvard Business Review on Measuring Corporate Performance, 1998.
- [15] Г. Къртис, Бизнес Информационни Системи, София, 1995.
- [16] L. Russell, Project Management for Trainers, ASTD, 2000.
- [17] K. Kapp, How Long Does it Take? Estimation Methods for Developing E-Learning, ASTD, 2003.
- [18] B. designer, <http://www.bscdesigner.com/>, 2011.
- [19] Pennyjw, SWOT analysis for e-learning in professional development, 2010.
- [20] J. J. Edward, A User's Guide to Principal Components, 2004.
- [21] Въндев, Записки по приложна статистика 2, 2003.
- [22] H. F. Weisberg, Central Tendency and Variability, 1992.
- [23] J. H. Andrew Gelman, Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models, 2007.
- [24] K. H. M. S. Carl de Boor, High accuracy geometric Hermite interpolation, Computer Aided Geometric Design Volume 4, Issue 4, 1987.
- [25] H. C., Sur un nouveau développement en série de fonctions, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1864.
- [26] <http://www.spss.com>
- [27] K.-I. Funahashi, On the approximate realization of continuous mappings by neural networks, 1989.
- [28] S. Haykin, Neural Networks A comprehensive Foundation, 1994-2006.
- [29] Yan Le Cun, J. Denker, S. Solla, Optimal brain damage, Advances in Neural Information Processing Systems, 1990.
- [30] М. Д. П. Г. В.В. Круглов, Нечеткая логика и искусственные нейронные сети, 2001.



АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен „доктор“
по научна специалност 01.01.12 „Информатика“,
професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки“

ОЦЕНЯВАНЕ И ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ВЪВ ВИСШЕТО ОБРАЗОВАНИЕ ЧРЕЗ БАЛАНСИРАНА СИСТЕМА ОТ ПОКАЗАТЕЛИ И НЕВРОННИ МРЕЖИ

Петър Михайлов Халачев

Ръководител: доц. д-р Иван Мустакеров

Научно жури:

проф. д-р Иван Иванов
доц. д-р Светла Василева
доц. д-р Силвия Попова
доц. д.т.н. Красимира Стоилова
доц. д-р Иван Мустакеров



Дисертационният труд е обсъден и допуснат до защита на разширено заседание на секция “Информационни процеси и системи” при ИИКТ – БАН на 12.06.2012 г.

Защитата на дисертационния труд е проведена на 10.10.2012 г. от 15:30 часа в зала 507, блок 2 на ИИКТ-БАН.

Данни за дисертационния труд:

- *брой страници – 141,*
- *брой фигури – 29,*
- *брой таблици – 42,*
- *брой литературни източници – 155,*
- *брой публикации по темата на дисертацията – 10.*

УВОД

Днес, промените настъпващи в обществото поставят глобални предизвикателства пред човечеството. Нивото на професионални знания и умения изостава от темпа на развитие на научно-техническия прогрес. Увеличава се значението на инвестициите в образование по целия свят.

От гледна точка на образователните институции средствата, инвестирани в повишаване на ефективността на обучението, се възвръщат под формата на увеличаване на приходите, подобряване на имиджа в обществото, и като цяло, повишаване на конкурентоспособността на пазара на образователни услуги.

В съвременните условия се променят същността, ролята, методите и технологиите на обучение във висшите училища. Нови електронни форми на обучение изместват традиционните. Естествено възниква въпросът: как да се оцени и прогнозира ефективността на електронното обучение? От тази гледна точка разработването и прилагането на математически модели, които да позволяват да се оцени ефективността от дейността на образователна организация, използваща електронна форма на обучение, става все по-актуално.

Цел на настоящия дисертационен труд е да се разработят модели за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение във висшето образование и съответни алгоритми за приложението им.

За постигане на целта е необходимо да се решат следните **задачи**:

1. Да се направи преглед и анализ на съществуващите модели и стратегически подходи, които се прилагат за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение.
2. Да се разработи модел на базата на балансирана система от показатели, като се предложат подходящи показатели за количествена оценка на ефективността на електронното обучение и да се състави подходящ алгоритъм за приложение във висшите училища.
3. Да се предложи модел на подходяща структура на невронна мрежа за прогнозиране на ефективността на електронното обучение, както и съответен алгоритъм за изграждане на невронна мрежа, работоспособен при малки извадки от данни.

Дисертационният труд се състои от 3 глави и заключение. В **Глава 1** е направен анализ на съвременните модели и подходи за оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение и са определени перспективните изследователски направления в тази област. В **Глава 2** е разработен модел на балансирана система от показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование и е предложен алгоритъм за приложение. Чрез SWOT анализ са определени предимствата и недостатъците на използването на BSC за оценка ефективността на ЕО във висше училище. Разработени са модели за оценка на съществени показатели на ефективност на електронното обучение. Описано е експериментално приложение на балансирана система от показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование. В **Глава 3** е разработен модел, използващ неврона структура за прогнозиране на ефективността на електронното обучение. На базата на реални данни е проведено експериментално изследване на възможността за прогнозиране на показателите за ефективност на електронното обучение чрез предложения модел на структура на невронна мрежа.

Номерирането на формулите, таблиците и фигурите в автореферата е идентично с това в дисертационния труд.

ГЛАВА I: АНАЛИЗ НА ОЦЕНЯВАНЕТО И ПРОГНОЗИРАНЕТО НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ВЪВ ВИСШЕТО ОБРАЗОВАНИЕ

Електронното обучение е процес на придобиване на знания и умения, включващо приложение на комуникационни и информационни технологии. Целта е да се осигури достъп до обучаващи ресурси по електронен път по всяко време, от всяко място и за всички обучавани.

Все по-широкото приложение на електронно обучение във висшите училища поставя въпроса за оценяване и прогнозиране на ефективността му[1]. Най-общо ефективността се разглежда като основна характеристика на функциониране на системата на електронно обучение [2]. Ефективността на електронното обучение се определя чрез степента на съответствие между поставените цели и постигнатите резултати от приложението му във висшето училище [3], [4], [5], [6], [7]. Ефективността се разглежда и като вътрешна за процеса на обучение и като външна, от гледна точка на реализацията на завършилите студенти на пазара на труда.

Върху ефективността на електронното обучение влияят фактори, свързани с размера на инвестициите, прилаганите технологии, мотивация и опит на участниците. За оценяване на влиянието им са необходими точни и надеждни количествени и качествени показатели.

За комплексно оценяване на ефективността на електронното обучение са необходими показатели, които отразяват ефективността както на дейността на образователната институция (приходи и разходи, организация на образователния процес, професионално и квалификационно равнище на преподавателския състав), така и показатели, отразяващи резултатите от процеса на обучение (успех на випускниците, относителен дял на завършилите в срок и трудовата им реализация). Комплексното изследване на зависимостите между показателите за ефективност на образователния процес и резултатите от процеса на обучение ще доведе до оценяване и повишаване на ефективността на електронното обучение, както от гледна точка на настоящия момент, така и в бъдеще. За висшето образование съществено значение има оценяването на резултатите от обучението.

Оценяването на ефективността на електронното обучение е свързано и с оценка на качеството му. Качеството на електронното обучение се характеризира със способността му да отговори на очакванията на потребителите. Ефективността на електронното обучение показва степента на постигане на целите на образователния процес при отчитане на резултатите и изразходваните време, материални и трудови ресурси. Резултатните показатели от електронното обучение зависят от качеството на подготовката на специалистите, от прилаганите технологии и средства за обучение, от квалификацията на преподавателите и от организацията на учебния процес.

За оценяване на качеството на електронното обучение се прилагат стандарти като ISO/IEC 19796-1, ISO 9126, ISO 25000 и др [8]. Наборът от технически стандарти за електронно обучение (SCORM) определя как on-line учебното съдържание комуникира със системите за управление на съдържанието (LMSs) и е широко използван при създаването на програмни системи за електронно обучение. Използването на всички стандарти увеличава броя на показателите, който лесно може да надхвърли 2000, което прави оценяването на качеството на електронното обучение изключително трудоемко и скъпоструващо.

Широко известни и прилагани са моделите за оценяване на ефективността на електронното обучение на Kirkpatrick[9], Holton[10], Khan [11], Rosenberg [12], моделът CIPP (Context input process product evaluation) на Stufflebeam и Shinkfield [13]. Посочените модели отразяват в голяма степен ключови аспекти на оценяването на ефективността на електронното обучение: финансова възвръщаемост на инвестициите, удовлетворяване на потребностите на обучаваните, качество и скорост на обучение, но не способстват за разкриване на влиянието на показателите за ефективност на електронното обучение върху резултатните показатели. Моделът на Holton е предназначен за оценяване на електронното обучение в бизнеса и показателите в него не са напълно приложими към висшето образование. Само някои от посочените модели (Rosenberg и Scriven) позволяват отчитане на неудовлетворителните

характеристики на електронното обучение и открояване на причините за това. Ето защо за оценяване на ефективността на електронното обучение е необходимо прилагане на комплексни стратегически управленски подходи, които позволяват след оценяване на показателите за ефективност да се приложат съответни мерки за отстраняване на слабостите и пропуските в приложението на електронното обучение в обучаващата институция. Един подход за оценяване на ефективността на електронното обучение, позволяващ на обучаващата институция да реализира успешна стратегия, е създадената от Robert Kaplan и David Norton [14] „балансирана система от показатели” (Balanced ScoreCard – BSC). Една от основните идеи в BSC е идеята за измеримост. Всички фактори, които са важни за управлението на организацията трябва да се измерят и представят във вид на показатели. Основната идея на концепцията е „Ако нещо не може да се измери, то не може да се управлява”.

В резултат на направеното проучване, анализ и оценка на различни управленски подходи е избрана BSC, като система от взаимосвързани перспективи, цели и показатели, отразяващи състоянието на основните направления на процеса на обучение и позволяваща да се установят и отстранят причините за несъответствие в процесите, протичащи в образователната институция.

В дисертационния труд при създаването на модел и алгоритъм за приложение на BSC за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование са отчетени следните обстоятелства:

- спецификата на приложение на BSC при оценяване на ефективността на електронното обучение е аналогична на модела на Kaplan и Norton по отношение избора на перспективите и йерархията им в стратегическата карта;
- необходимостта от модифициране на стратегическите цели и на ключовите показатели, с цел отразяване спецификата на образователната институция;
- оценката на показателите за ефективност и определяне на целеви стойности позволява използването им за подобряване на резултатите от електронното обучение.

Успешната реализация на висшите училища на пазара на образователните услуги зависи от степента на постигане на поставените цели. Висшите учебни заведения функционират в сложна и постоянно променяща се среда и е трудно да се предвиди влиянието на множеството външни и вътрешни фактори върху дейността им. Организацията и управлението на процесите, протичащи във висшето образование при приложението на електронно обучение са свързани с вземане на решения. Възможността да се прогнозира определени резултати на управленския процес преди вземане на решение, позволява да се направи максимално добър избор между различни алтернативи на електронно обучение. За тази цел е необходимо извършване на прогнозиране на ефективността на електронното обучение. Това прогнозиране намалява риска от грешка при вземане на управленски решения.

За прогнозиране на ефективността на електронното обучение се прилагат различни методи – екстраполация, метод на експертни оценки [15], метод на сравнение, математическо моделиране. Посочените статистически и математически методи се прилагат за оценяване и разкриване на взаимовръзката между отделни частни аспекти на ефективността на електронното обучение – вероятност за отпадане на студенти от обучение; анализ на успеха на студенти; сравняване на качеството на учебните материали по отделни дисциплини. Горезброените методи не могат да служат като инструмент за разкриване на устойчиви зависимости между резултатите от обучението и показателите за ефективност от BSC. Функционалната зависимост между показателите от BSC и резултатните показатели от електронното обучение може да се оцени чрез подходи, които позволяват моделиране на зависимости между голям брой променливи, при отчитане на влиянието на множество фактори върху приложението на електронното обучение. Един разпространен подход за прогнозиране и управление на различни обществени системи се базира на използването на невронни мрежи (НМ). НМ са подходящи за решаване на такива задачи, тъй като позволяват да се апроксимират сложни и нелинейни зависимости. За решаването на приложни задачи, НМ трябва

предварително да се обучат. Процесът на обучение наподобява натрупването на опит и е от съществено значение за подобряването на работата им.

Върху оценяването на ефективността на електронното обучение влияят голям брой разнообразни фактори и за отчитане на влиянието им е необходим голям набор от показатели. Оценяването на тези показатели, позволяват да се установят и съществуващи пропуски в процеса на електронно обучение. Степента на постигане на стратегическите цели на електронното обучение може да се оцени с т. нар. резултатни показатели.

В резултат на направения анализ за оценяване ефективността на електронното обучение е избран подхода на BSC в комбинация със специфични за електронното обучение във висшите училища, резултатни показатели.

За изготвяне на прогноза на резултатните показатели за ефективност на електронното обучение на основата на показатели от BSC е избран апарата на невронните мрежи, поради способността му да апроксимира съществуващите в процеса на електронното обучение сложни нелинейни зависимости.

ГЛАВА II: ОЦЕНЯВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ЧРЕЗ БАЛАНСИРАНА СИСТЕМА ОТ ПОКАЗАТЕЛИ

В настоящата глава е разработен модел на BSC за висше училище с електронно обучение. Моделът включва определяне на следните компоненти:

- мисия, стратегически приоритети, перспективи и цели на образователната институция;
- стратегическа карта на BSC;
- показатели за оценяване на ефективността на ЕО;
- резултатни показатели за ефективност на ЕО.

Една от предпоставките за успешното развитие на висшите училища, които използват електронно обучение е определянето на **мисията**. Разработването на балансирана система от показатели (BSC) е невъзможно без ясно разбиране за мисията, изискванията и ограниченията, възможните и невъзможни насоки на развитие, както и за поставената стратегия и дългосрочни цели. Мисията на висше училище с електронно обучение може да бъде определена като *привличане и подготвяне на висококвалифицирани и конкурентоспособни кадри, както и пълноценното използване на възможностите на съвременните информационни и комуникационни технологии*. На основа на декларираната мисия се определят основните **стратегически приоритети**: *високо равнище на образователния процес, развитие и приложение на съвременни информационни технологии*.

Следващата стъпка, след определянето на мисията и стратегическите приоритети, е формулирането на **перспективи**, съставляващи стратегическата карта на BSC на висшето училище. Перспективите на BSC за оценяване на ефективността на с електронно обучение са в съответствие с мисията, стратегията и особеностите на функционирането на висшето училище.

В съответствие с класическата стратегическа карта на Kaplan и Norton и специфичните особености на обучението на магистри във висше училище с електронно обучение, в настоящия дисертационен труд са определени следните 4 перспективи:

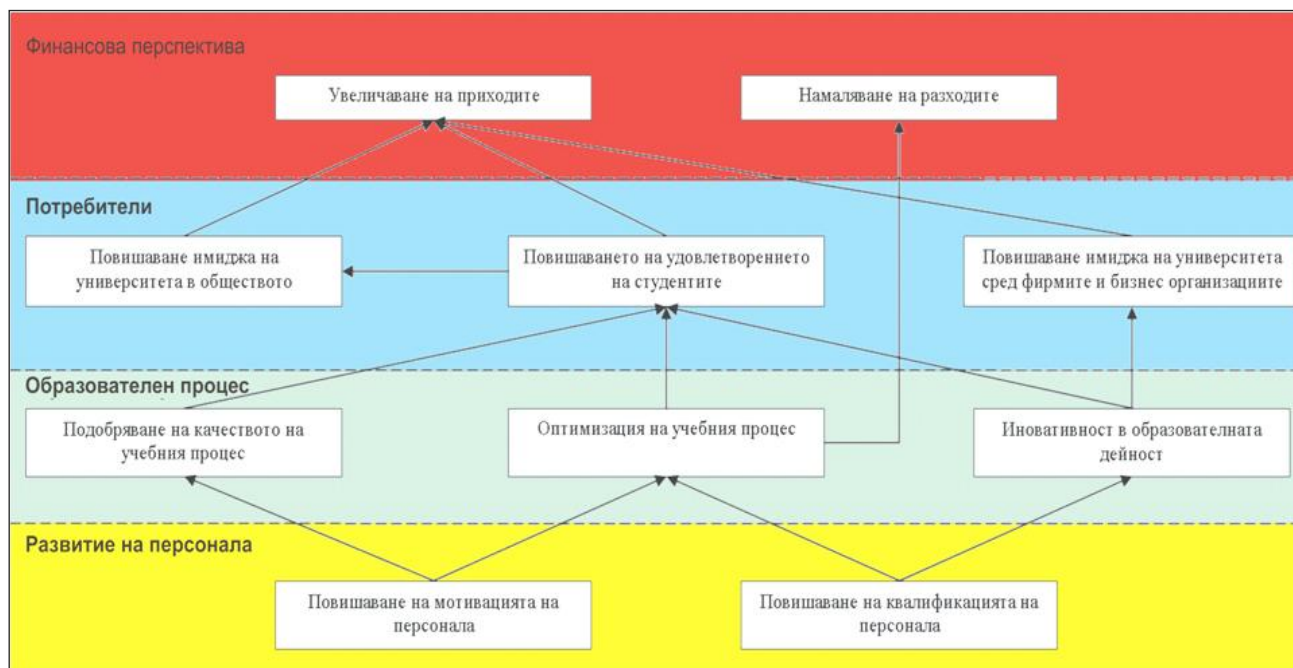
1. Финанси;
2. Потребители;
3. Образователен процес;
4. Развитие на персонала.

Тези четири перспективи на BSC са в причинно-следствена връзка помежду си. Ефективното използване на човешките ресурси допринася за подобряване на стойностите на показателите от перспективата „Образователен процес“, което на свой ред води до признание на образователната институция от потребители и инвеститори, а крайният резултат е *Автореферати на дисертации 4 (2012) 15–38*

подобряване на финансовите й показатели. В йерархията на перспективите „Финанси”, „Потребители”, „Образователен процес” и „Развитие на персонала” са определени цели, които способстват за реализация на мисията и стратегията на висше училище.

Причинно-следствените връзки визуализират взаимовръзката и зависимостта между перспективите и целите в стратегическата карта. Стратегическата карта на целите, известна още под наименованието „дърво на целите” е построена на принципа „ако-то” и позволява по пътя на графично представяне да се ускори и опрости оценката и анализа на процесите в образователната институция при вземане на управленски решения.

На Фиг. 2.2 е показана разработена стратегическа карта на целите на висше училище с електронно обучение, в съответствие с йерархията на отделните перспективи на BSC.



Фиг. 2.2. Примерна стратегическа карта на целите на висше училище с електронно обучение

Основни компоненти на BSC са показателите за ефективност (KPI – Key Performance Indicator). Те служат за оценяване на ефективността от дейността на висшето училище и са обвързани със стратегията, целите и задачите, поставени пред него. KPI са количествени или качествени показатели, които показват степента на достигане на тактическите и на стратегическите цели на организацията.

В настоящия дисертационен труд за оценяване на ефективността на електронното обучение във висше училище са предложени описаните в Таблица 2.1 перспективи, цели и показатели.

Заедно с тях се въвеждат и т. нар. *резултатни показатели*, които отразяват крайните резултати от процеса на обучение и отчитат степента на постигане на набелязаните от обучаващата организация цели. Резултатните показатели показват състоянието на процеса на електронно обучение на изхода на системата в зависимост от ефективността на работата на обучаващата организация, а именно: успех на студентите, реализация и конкурентоспособност на пазара на труда. Отчитането на зависимостта между показателите от BSC и резултатните показатели може да позволи да се настроят процесите на организация и управление на електронното обучение, на дейността на преподавателския и административния състав, на финансовото и учебно-методическото осигуряване така, че в резултат да се получат максимално високо равнище на знания и успешна трудова реализация на випускниците.

	Цел	Показател
Финансова перспектива	Увеличаване на приходите	Приходи от студентски такси
		Приходи от научни проекти
		Приходи от спонсори
	Намаляване на разходите	Приходи от продажба на електронни учебни материали
		Разходи за разработка на 1 електронен курс
		Разходи за амортизация на ДМА и ДНА
Потребители	Увеличаване имиджа на ВУ с ЕО в обществото.	Кандидати за 1 място
	Увеличаване на удовлетворението на студентите	Среден входящ успех на кандидатите за магистри
	Увеличаване имиджа на висшето училище сред фирмите и бизнес организациите	% студенти, удовлетворени от обучението си
Образователен процес	Подобряване на качеството на учебния процес	% студентите с поети такси/стипендии от бизнеса
		Средно време прекарано от 1 студент в ЕО
		Брой проведени тестове в 1 дисциплина
	Оптимизиране на учебния процес	Степен на интерактивност на учебните курсове
		Часове, прекарани в традиционни срещи между участниците
		Студенти, обучавани от 1 преподавател
Иновативност в учебния процес	Брой нови специалности	
	Брой нови електронни курсове	
	Брой обновени електронни курсове	
Персонал	Мотивация на персонала	% преподаватели, удовлетворени от учебния процес
	Квалификация на персонала	Публикации средно на 1 преподавател
		Участия в конференции средно на 1 преподавател
		Брой преподаватели защитили научна степен
		Доктор/Доктор на науките
		Брой хабилитации
Брой конференции, организирани във връзка с ЕО		

Таблица 2.1. Перспективи, цели и показатели на BSC за висше училище с електронно обучение

За оценяване на постигнатите резултати от електронното обучение в настоящия дисертационен труд са предложени следните резултатни показатели:

- среден успех на студентите – стойността му може да служи за сравняване на успеха на студентите, както в различни специалности и висши училища, така и за отделни години;
- коефициент на успеваемост – относителен дял на броя на завършилите студенти към броя на записалите се. За студентите, обучаващи се електронно е характерен високият относителен дял на отпадащите и оценяването и мониторинга на този показател способства за повишаване на ефективността на обучението;
- брой продължили следваща степен на обучение „доктор”. Повишаване на този показател доказва ефективността на електронното обучение;
- относителен дял на работещи по специалността към общ брой завършили студенти. Високият процент на професионална реализация показва, че финансовата инвестиция на студентите в обучението им е обезпечена от придобити конкурентни знания и умения.

Чрез прогнозиране на резултатните показатели на основата на стойностите на показателите за ефективност от BSC може да се докаже взаимовръзката между тях, а именно: подобряването на аспекти като финансово обезпечаване, организация на учебния процес, квалификация и развитие на персонала водят до повишаване на резултатите от образователния процес.

С цел мониторинг на резултатните показатели могат да се използват BSC карти, на които се отчитат текущите и целевите им стойности. Обучаващата институция може да влияе върху стойностите на тези показатели чрез набелязване на подходящи мероприятия за това.

Важно значение при оценяване на ефективността на електронното обучение имат разходите за създаване на електронни учебни материали. При електронното обучение са необходими учебни материали с високо качество и интерактивност, тъй като те се ползват от голям брой студенти и обучението може да се осъществява самостоятелно, без присъствието на преподавател. Разходите за проектиране, разработване и внедряване на електронни курсове са с висока стойност.

В настоящия дисертационен труд са предложени два модела за оценяване на показателя „време за разработване на електронни учебни материали“. Прогнозирането на този показател може да доведе до прилагане на мероприятия за намаляване на разходите на време за изработване на качествени електронни курсове и от там за повишаване на ефективността на електронното обучение. При разработването на моделите се приема, че времето за разработване на бъдещ курс може да се определи в съответствие с тенденциите и закономерностите, установени в минал период. В процеса на проектиране и разработване на електронен курс влияят множество фактори, като: квалификация и опит на изпълнителите, степен на интерактивност, продължителност на курса и др. Основната идея на първия модел се базира на използването на класическата зависимост на еднофакторния регресионен анализ:

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon \quad (2.2)$$

където y е зависимата променлива, x е независимата променлива, α е постоянен коефициент, β е коефициент на променливата x и ε е коефициент на влиянието на различни външни фактори (коефициент на „шума“). Приложимостта на модела е илюстрирана с числен пример.

Russel [16] и Karr [17] предлагат модел, който включва показателите “опит на изпълнителя”, “сложност на проекта”, “външни фактори” и “степен на интерактивност на курса”.

В настоящия дисертационен труд към модела на Karr се въвеждат допълнителни нормирани тегловни коефициенти за всички показатели, със стойности в диапазона от 0 до 1:

- опит на изпълнителя, разработващ курса (t), за който се приема, че ако изпълнителят има над 5 години опит $t = 0$, а ако опитът му е до 1 година $t = 1$;
- сложност на курса и брой участници в него (l) – този показател отчита сложността на курса за електронно обучение, а също и допълнителните загуби на време, свързани с организационни въпроси и общуване между участниците. Приема се, че колкото повече хора работят при създаването на курса, толкова е по-високо нивото на сложност – когато колектива е от 1 човек – нивото на сложност е ниско и $l = 0$, а при колективи от 10 и повече човека се приема, че сложността е висока и $l = 1$;
- външни фактори (m) – те не са пряко свързани с работата по курса, но влияят върху времето за разработването му – например, време за проверка на електронна поща, телефонни разговори, отсъствия и др. Приема се, че при слабо влияещи външни фактори $m = 0$, а при силно влияние $m = 1$;
- степен на интерактивност (n) – в най-простите случаи интерактивност не съществува – обучаващите не влияят върху информацията на компютърния екран. Въвеждането на интерактивност увеличава времето, необходимо за създаване на курс. При наличие на висока степен на интерактивност (напр. аудио- и видео-комуникация с преподавателя в реално време) времето за разработка на електронен курс може да се увеличи повече от 3 пъти спрямо времето за разработване на курс без интерактивност. При липса на интерактивност $n = 0$ и при пълна интерактивност $n = 1$.

Стойностите на използваните показатели t , l , m , n и съответните им тегловни коефициенти k_t , k_l , k_m и k_n (определени на базата на емпирични данни и данни от литературни източници) са показани в Таблица 2.6.

Показател	Опитност на изпълнителя t (години)	Сложност на проекта и брой участници в него l (хора)	Външни фактори m	Степен на интерактивност n
Min	(> 5 години) $t = 0$	(1 – 10 човека) $l = 0$	(слаби) $m = 0$	(няма) $n = 0$
Max	(≤ 1 година) $t = 1$	(над 10 човека) $l = 1$	(силни) $m = 1$	(пълна) $n = 1$
Тежест	$k_t = 0.4$	$k_l = 1$	$k_m = 0.4$	$k_n = 3$

Таблица 2.6. Показатели и тегловни коефициенти, влияещи върху времето за разработване на курс за електронно обучение

Предложена е модификация на модела на Карр за определяне на времето за разработване на електронен курс и като се вземат предвид въведените допълнителни тегловни коефициенти се предлага формулата:

$$y = x + x * (k_t * t + k_l * l + k_m * m + k_n * n) \quad (2.8)$$

където y е прогнозираното време за разработка на електронния курс, x е предварително оценено време за разработване електронен курс, k_t , k_l , k_m и k_n са тегловни коефициенти на въведените показатели t , l , m и n .

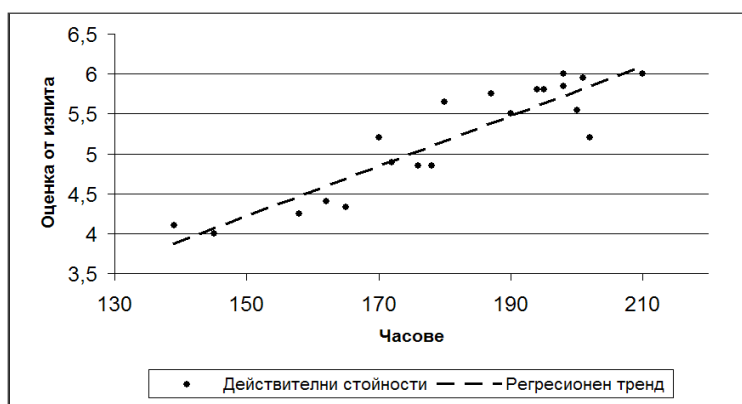
Предложената формула позволява да се оцени времето, необходимо за разработване на курс за електронно обучение с по-висока степен на точност и дава възможност за калибриране на показателите чрез варирането на коефициентите за тежест.

Подобни оценъчни прогнозиращи модели биха могли да се съставят и за други КРІ от стратегическата карта на BSC с цел да се разкрие функционалната зависимост на съответните показатели и факторите, които влияят върху тях. Съставянето на прогнозни модели за оценка на конкретни показатели може да допринесе за по-точното им отчитане и в перспектива по-реалистично определяне на целевите стойности на КРІ.

В дисертационния труд са изследвани два модела за отчитане на влиянието на факторите върху резултатния показател “оценка от изпита”:

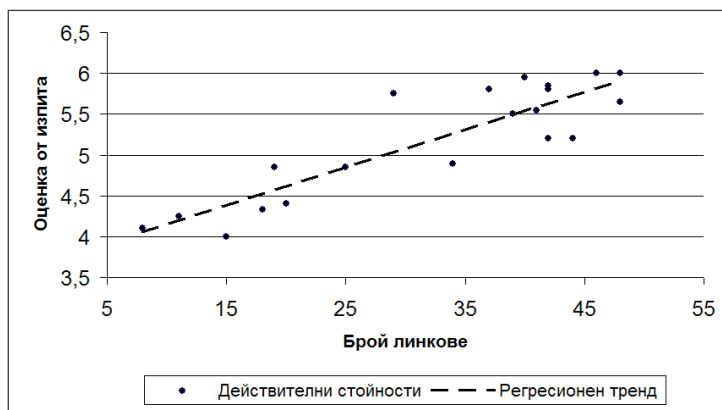
- чрез време, отделено от студентите за on-line обучение,
- чрез брой посетени хипертекст-връзки (линкове) с допълнителна учебна литература.

Чрез регресионен и множествен корелационен анализ е установена право-пропорционална зависимост между оценката от изпита (y) и времето в on-line обучение (x). От тук следва, че повишаване на часовете, отделени за електронно обучение, повишава и успеха на студентите (Фиг. 2.5).



Фиг. 2.5. Зависимост между време в on-line обучение и оценката от изпита

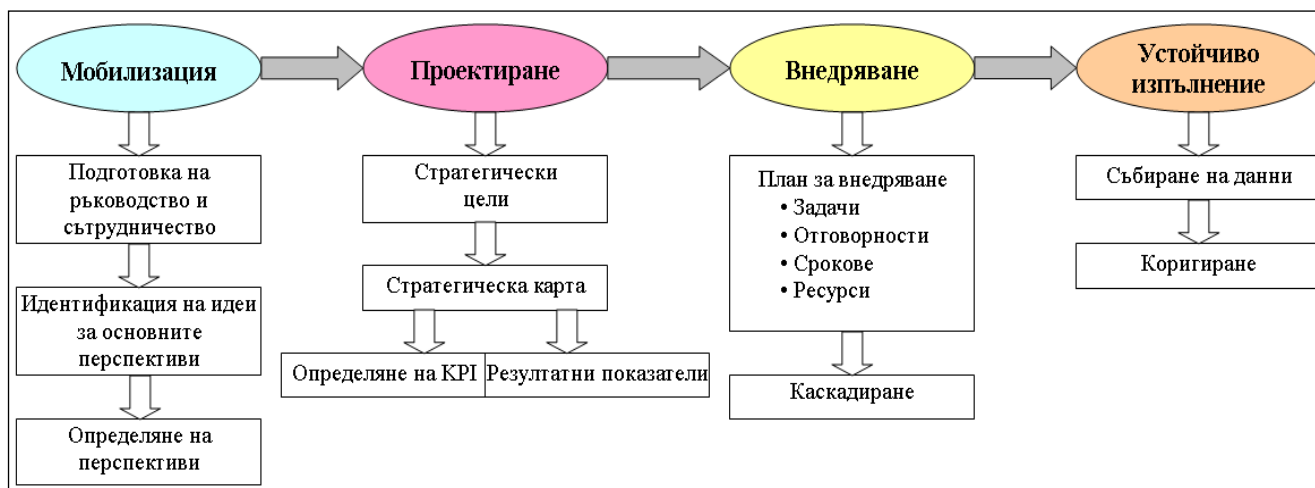
Чрез втория модел е установена право-пропорционална зависимост между броя на посетените от студента линкове с допълнителни учебни материали и оценката от изпита (Фиг. 2.6).



Фиг. 2.6. Зависимост между броя посетени линкове и оценката от изпита

Успоредно с изследване на показателя “успех на студентите”, чрез подходящи математически и статистически модели могат да се изследват и други резултатни показатели (“брой студенти, работещи по специалността”, “брой студенти, продължили следваща научнообразователна степен”) и т.н., с цел разкриване на факторите, които им влияят.

В дисертационния труд е разработен алгоритъм на приложение на BSC във висше училище с електронно обучение (Фиг. 2.7):



Фиг. 2.7. Алгоритъм за приложение на BSC в висше училище с електронно обучение

В процеса на **мобилизация** се идентифицират основните идеи и се определят перспективите. Целта е да се ограничат приоритетите в мисията и стратегията на висшето училище, тъй като ръководството може да се съсредоточи само върху определен брой приоритети за даден период от време. Определя се как мисията на образователната институция се отнася до вътрешните процеси в нея и как трябва да се променят вътрешните процеси, които влияят върху мисията на организацията.

При **проектирането** се определят стратегическите цели и се съставя стратегическа карта на причинно-следствените връзки (Фиг. 2.2). Разработва се набор от ключови показатели (KPI) за мониторинг и оценяване на ефективността на електронното обучение. Определят се целеви значения на KPI и основните мероприятия за постигане на поставените цели. За отделните структурни подразделения се съставят отделни стратегически карти на BSC, които обикновено повтарят модела на ВУ като цяло. На този етап се определят и резултатни показатели за оценяване на степента на постигане на целите, поставени в BSC.

Следващата стъпка в предложения алгоритъм е съставяне на план за **приложение на BSC**. За различните образователни институции подходите са различни, но могат да се следват насоки, които да ускорят процеса на приложение – обучение на сътрудниците, постоянен мониторинг върху изпълнението на поставените задачи, създаване на система за стимулиране чрез възнаграждане за постиженията и др.

Заклучителната фаза е **устойчиво изпълнение**. Тази фаза се фокусира върху оценката на показателите за ефективност чрез BSC като част от ежедневните процедури във висшето училище. Набирането на информация за ефективност на електронното обучение и анализирането ѝ подпомага успешното приложение на BSC в образователната институция. Така слабостите и пропуските могат да се открият навреме и да се отстранят чрез набелязване на съответни мероприятия.

Най-краткият път за практическа реализация и мониторинг върху изпълнението на стратегията на образователната институция е чрез приложение на автоматизирана информационна система за отчитане на показателите на BSC.

В дисертацията е показана експериментално приложение на BSC за оценка ефективността на електронното обучение във висше училище, реализирано с помощта на подобна система [18]. Предложени са:

- перспективи, отговарящи на мисията на висшето училище;
- показатели за оценяване (KPI), като са зададени следните характеристики:
 - *стойност* – текуща стойност на показателя за конкретната година;
 - *min/max* стойност на показателя през изследвания период;
- избор на посока на подобряване на показател (да се увеличава или да се намалява).

Използването на специализиран програмен продукт за приложение на BSC дава възможност чрез настройка да се наблюдават показателите, които са извън предварително зададените граници. Тези показатели изискват повишено внимание при определяне на целева стойност на показателя.

Специализираният програмен продукт позволява да се създават диаграми за всяка перспектива след въвеждане на информацията за перспективите и показателите за определен период от време. Чрез такива диаграми, бяха определени като изоставащи показателите „Кандидати за 1 място“ и „Относителен дял на студентите с поети такси от бизнеса“ за перспективата „Потребители“ за дадена година. Тези резултати могат да се използват, за да се набележат мероприятия за повишаването на стойностите на изоставащите показатели.

След определяне на изоставащите или влошаващите се показатели за оценяване на ефективността на електронното обучение, се разработват мероприятия за постигане на стратегическите цели на висшето училище. За разработените мероприятия се определя бюджет, срокове за изпълнение и отговорници. Мероприятията могат да се обединят в клъстери и на тази основа да се формират близки по насоченост инициативи и мероприятия в стратегическите програми.

Подходящ инструмент за оценка на приложимостта на BSC във висше училище с електронно обучение е т. нар. SWOT анализ [19] (Strengths – предимства, Weaknesses – недостатъци, Opportunities – възможности, Threats – заплахи), който позволява да се определят основните преимущества и недостатъци на BSC. Изводът от този анализ е, че въпреки някои ограничения и слабости, BSC може да служи като система за оценка на ефективността и управлението на висши училища с електронно обучение. BSC привежда мисията и стратегията на организацията, прилагаща електронно обучение, в балансиран комплекс от взаимосвързани показатели, които дават кратка, но достатъчно пълна информация за движението на обучаващата организация към изпълнението на задачите и постигането на целите ѝ. BSC може успешно да се прилага като средство за мотивация и обратна връзка при осъществяване на процеса на електронно обучение във висшето образование.

ГЛАВА III: МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННОТО ОБУЧЕНИЕ ЧРЕЗ НЕВРОННИ МРЕЖИ

Една от задачите на дисертационния труд е да се построи адекватен и достатъчно точен за практическо приложение модел за прогнозиране на ефективността на електронното обучение чрез невронна мрежа (НМ). За изпълнението на тази задача е разработен модел на структура на НМ, в комбинация с анализ на главните компоненти [20] (АГК). Предложен е алгоритъм за разработването на модел на структура на прогнозираща НМ със стъпки:

- Центриране и нормиране на данните;
- Корелационен анализ на данните. На тази стъпка се отстраняват показателите, които имат голяма корелация помежду си;
- Интерполация на данните;
- Корелационен анализ на данните, с цел да се провери в каква степен корелацията между отделните показатели се запазва след интерполацията;
- АГК на входящите показатели;
- Симулация на НМ, която протича през следните етапи: НМ се обучава с данните; изготвя се прогноза за стойностите на резултатните показатели на базата на известни реални данни; изчислява се получената грешка;
- симулира се НМ с линейна активираща функция;
- симулира се подобрена НМ с линейна активираща функция;
- симулира се НМ с нелинейна активираща функция;
- симулира се подобрена НМ с нелинейна активираща функция;
- сравняват се грешките на прогнозните резултати и се избира структурата на НМ, чиято прогноза е с най-малка грешка.

Центриране и нормиране на данните

Приложението на АГК поставя изискването данните, върху които се прилага, да са центрирани и нормирани. За центриране на данните се използва формулата [21], [22]:

$$x' = x - x_{cp.ap.} \quad (3.1)$$

където $x_{cp.ap.}$ е средната аритметична стойност на променливата x , а x' е новата центрирана стойност. В резултат на центрирането, средната аритметична стойност на центрираните данни е равна на нула.

За нормиране на данните се използва формулата [23]:

$$x'' = \frac{x'}{\sigma} = \frac{x - x_{cp.ap.}}{\sigma} \quad (3.2)$$

където x'' е новата нормирана стойност на променливата, а σ е дисперсията ѝ, която в резултат на нормирането, става равна на 1.

За целите на изследването са използвани данни за период от девет години, предоставени от СА “Д. А. Ценов”. Резултатите от центрирането и нормирането на предоставените данни са показани в таблица 3.1.

Показатели по години	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Приходи от студентски такси	-0.86	-0.95	-0.77	-0.66	-0.44	-0.15	0.88	1.43	1.52
Приходи от научни проекти	-0.84	-0.93	-0.84	-0.56	-0.49	-0.12	0.77	1.52	1.50
Приходи от спонсори	-0.81	-1.29	-0.33	-0.17	-0.17	-0.33	-0.01	1.03	2.08
Приходи от продажба на електронни учебни материали	-0.91	-1.05	-0.91	-0.50	-0.36	0.13	0.62	1.46	1.53
Разходи за разработка на 1 електронен курс	-0.61	-1.48	-0.83	-0.61	0.27	0.70	1.14	1.58	-0.17
Разход за амортизация на ДМА и НМА	-1.19	-1.40	-1.08	-0.23	0.30	0.77	0.84	0.94	1.05
Разходи за заплати и осигуровки на персонала	-1.08	-1.82	-0.90	0.15	0.72	0.79	0.89	0.68	0.56
Кандидати за 1 място	-1.27	-0.25	-0.59	0.78	1.12	1.63	0.26	-0.76	-0.93
Среден входящ успех на кандидатите за магистри	-0.22	0.36	-0.37	-1.16	-1.52	-0.22	0.41	1.62	1.09
Относителен дял студенти, удовлетворени от обучението %	-1.38	-0.69	-0.46	-1.38	0.23	0.69	0.92	0.92	1.15
Относителен дял студенти с поети такси/стипендии от бизнеса	0.34	-2.07	-0.46	-0.31	-0.54	0.30	1.22	1.14	0.38
Средно време прекарано от 1 студент за изучаване на 1 дисциплина	-0.42	-2.47	-0.05	0.55	0.79	0.67	0.43	0.19	0.31
Среден брой проведени тестове в 1 дисциплина	-1.35	-1.44	-0.79	0.12	0.08	0.17	1.09	0.99	1.13
Степен на интерактивност на учебните курсове	-1.22	-1.08	-0.79	-0.51	0.19	0.12	0.36	1.39	1.53
Средно време за F2F обучение в 1 дисциплина	-0.96	-1.32	-0.87	-0.65	-0.04	0.52	0.81	1.09	1.43
Студенти, обучавани от 1 преподавател	-0.93	-1.48	-0.77	-0.46	-0.15	0.40	0.87	1.18	1.34
Брой нови специалности	-1.85	1.48	-0.18	-0.18	1.48	-0.18	-0.18	-0.18	-0.18
Брой нови електронни курсове	-1.54	-0.95	-0.36	-0.07	0.53	-0.36	-0.07	1.71	1.12
Обновени електронни курсове	-0.37	0.58	-1.32	-1.32	-0.37	-0.37	0.58	1.05	1.53
Преподаватели, удовлетворени от учебния процес %	-1.28	-0.67	-0.37	-0.07	0.84	-0.67	-0.37	2.05	0.54
Публикации средно на 1 преподавател	-0.05	-1.44	-1.37	0.03	-0.09	1.35	1.49	0.07	0.01
Брой участия в конференции средно на 1 преподавател	-0.63	-0.73	1.40	1.31	-0.80	-0.65	1.21	-0.90	-0.21
Брой преподаватели защитили научна степен Доктор/Доктор на науките	0.00	0.00	1.41	0.00	-1.41	0.00	-1.41	0.00	1.41
Брой хабилитирани преподаватели	-1.20	-1.20	-0.12	-0.12	0.96	2.04	-0.12	-0.12	-0.12
Брой конференции, по ЕО организирани от ВУ	-0.93	-0.93	-0.93	-0.93	0.27	0.27	0.27	1.47	1.47

Таблица 3.1. Центрирани и нормирани стойности на ключови показатели на BSC

Трябва да се отбележи, че не е необходимо резултатните показатели да се центрират и нормират, тъй като те няма да се подлагат на АГК. В Таблица 3.2 са представени стойностите на резултатните показатели.

Показатели по години	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Среден успех на завършващите студенти	4.87	4.98	5.04	5.17	5.32	5.36	5.34	5.26	5.08
Коефициент на успеваемост	0.87	0.85	0.84	0.81	0.76	0.72	0.73	0.80	0.83
Брой продължили следваща степен на обучение доктор	1.00	1.00	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	3.00	1.00
Относителен дял на работещите по специалността	62.00	54.00	53.00	57.00	63.00	69.00	74.00	70.00	58.00

Таблица 3.2. Стойности на резултатните показатели

Корелационен анализ на данните с цел намаляване на размерността

Както е известно, при статистическа обработка на данните, когато две променливи имат коефициент на корелация по-голям от 0.9 се приема, че те измерват един и същ показател и в набора от данни трябва да остане само една от тях. Преди провеждане на АГК е необходимо да се анализират коефициентите на корелация между променливите, за да се отстранят тези от тях, чиято корелация с други променливи е по-голяма от 0.9. В Таблица 3.3 са представени променливите, които се отстраняват от набора с данни поради високата им корелация.

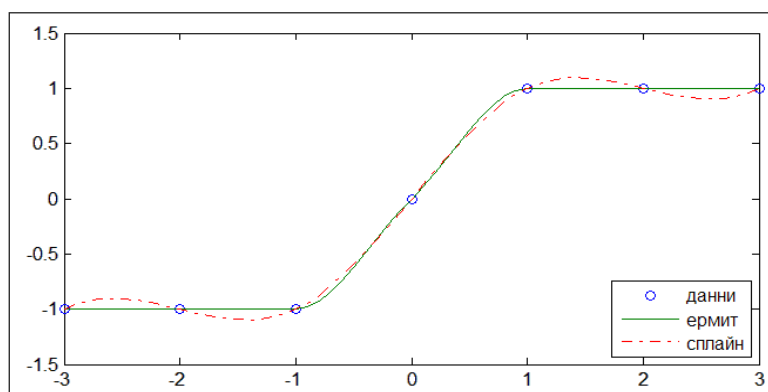
#	Приходи от научни проекти (лв.)	Приходи от продажба на електронни учебни материали (лв.)	Разход за амортизация на ДМА и НМА (лв.)	Относителен дял на студентите с такси, поети от бизнеса	Среден брой проведени тестове	Степен на интерактивност	Ср. време за F2F обучение в 1 дисциплина	Студенти, обучавани от 1 преподавател	Брой нови електронни курсове	Брой конференции, по ЕО организирани от ВУЗ
1	1.000	0.992	0.834	0.828	0.875	0.945	0.932	0.942	0.836	0.935
2	0.992	1.000	0.888	0.840	0.906	0.972	0.965	0.969	0.857	0.961
3	0.834	0.888	1.000	0.840	0.957	0.916	0.965	0.960	0.774	0.893
4	0.828	0.840	0.840	1.000	0.873	0.778	0.871	0.906	0.630	0.751
5	0.875	0.906	0.957	0.873	1.000	0.918	0.941	0.963	0.830	0.852
6	0.945	0.972	0.916	0.778	0.918	1.000	0.961	0.959	0.929	0.980
7	0.932	0.965	0.965	0.871	0.941	0.961	1.000	0.993	0.805	0.955
8	0.942	0.969	0.960	0.906	0.963	0.959	0.993	1.000	0.825	0.936
9	0.836	0.857	0.774	0.630	0.830	0.929	0.805	0.825	1.000	0.869
10	0.935	0.961	0.893	0.751	0.852	0.980	0.955	0.936	0.869	1.000

Таблица 3.3. Коефициенти на корелация между BSC показатели, по-големи от 0.9

Корелационният анализ на резултатните показатели показва, че корелационните коефициенти между резултатните показатели не превишават 0.85 и следователно не се налага отстраняването на нито един от тях.

Интерполация на данните

Известни са следните видове интерполация на данните: линейна, полиномна, сплайн, кубичен сплайн във форма на Ермит и др. В настоящия дисертационен труд е избран алгоритъма “сплайн (или функция) на Ермит” [24], [25] тъй като интерполантите не надхвърлят максималната стойност на еталонните данни, нито слизат под техния минимум (Фиг. 3.2).



Фиг. 3.2. Разлика между интерполация чрез сплайн-функция и функция на Ермит

Например, при интерполация на параметъра „успех на студента“ за разлика от другите методи, интерполантите не надхвърлят максималната стойност от 6, нито са под минималната стойност от 2. На Фиг. 3.2 е илюстрирана разликата при интерполация на данни чрез “сплайн-функция” и функция на Ермит.

Интерполацията на входящите и изходящи данни се предшества от определяне на необходимия брой интерполанти. Характерно за интерполацията е, че в данните се “внеса” шум, който нараства право пропорционално на увеличаването на броя на интерполантите. С цел да се намали шума до минимални стойности е необходимо да се изберат минимален брой точки, достатъчен за АГК. Изискването към данните е броят случаи да е по-голям от броя на

променливите. Броят на необходимите за интерполация точки се определя чрез решаване на следната система:

$$\begin{cases} s > \frac{r-k}{k-1} \\ s \in N; \min(s) \end{cases} \quad (3.8)$$

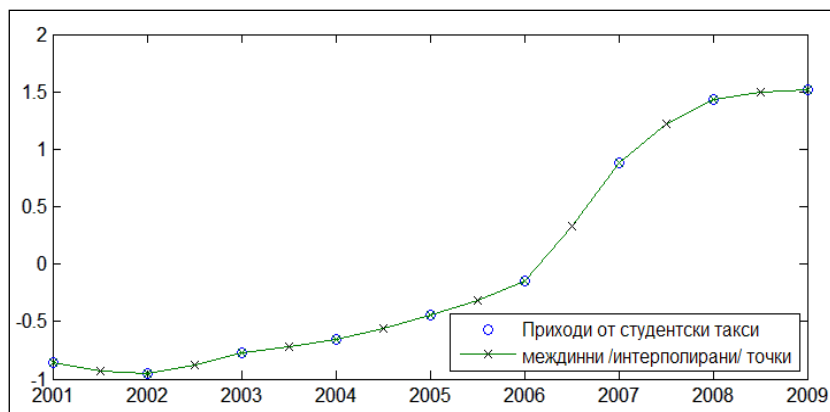
където: r – е брой променливи; k – брой дадени точки (брой години); s – брой точки, необходими за целите на АГК.

Изчисленията показват, че за интерполация на променливите е достатъчно да се създаде по една междинна точка. След тази стъпка извадката от данни съдържа 15 променливи и 17 случая (Таблица 3.4).

BSC показатели															Резултатни показатели			
Приходи от студентски такси (лв.)	Приходи от спонсори (лв.)	Разходи за разработка на 1 електронен курс (лв.)	Разходи за заплати и осигуровки на персонала (лв.)	Кандидати за 1 място (бр.)	Среден входящ успех на кандидатите за магистри	Относителен дял на студентите, удовлетворени от обучението си %	Средно време прекарано от 1 студент за изучаване на 1 дисциплина (ч.)	Брой нови специалности	Обновени електронни курсове	Относителен дял на преподавателите, удовлетворени от учебния процес %	Публикации средно на 1 преподавател	Брой участия в конференции средно на 1 преподавател	Брой преподаватели защитили научна степен Доктор/Доктор на науките	Брой хабилитирани преподаватели	Среден успех на завършващите студенти	Коефициент на успеваемост	Брой продължили следваща степен на обучение Доктор	Относителен дял на работещите по специалността
-0.8600	-0.8100	-0.6100	-1.0800	-1.2700	-0.2200	-1.3800	-0.4200	-1.8500	-0.3700	-1.2800	-0.0500	-0.6300	0.0000	-1.2000	4.87	0.87	1.00	62.00
-0.9331	-1.2000	-1.2488	-1.6463	-0.5475	0.2244	-0.9631	-1.9806	0.5431	0.4019	-0.9296	-1.0100	-0.7175	0.0000	-1.2000	4.93	0.86	1.00	56.78
-0.9500	-1.2900	-1.4800	-1.8200	-0.2500	0.3600	-0.6900	-2.4700	1.4800	0.5800	-0.6700	-1.4400	-0.7300	0.0000	-1.2000	4.98	0.85	1.00	54.00
-0.8771	-0.8443	-1.1961	-1.4826	-0.4200	0.0899	-0.5319	-1.3802	0.6500	-0.3700	-0.5072	-1.4217	0.3350	0.7050	-0.6600	5.01	0.85	0.50	53.28
-0.7700	-0.3300	-0.8300	-0.9000	-0.5900	-0.3700	-0.4600	-0.0500	-0.1800	-1.3200	-0.3700	-1.3700	1.4000	1.4100	-0.1200	5.04	0.84	0.00	53.00
-0.7163	-0.2157	-0.7229	-0.3448	0.0269	-0.7980	-0.9200	0.3273	-0.1800	-1.3200	-0.2389	-0.6533	1.3766	0.8813	-0.1200	5.10	0.83	0.38	54.40
-0.6600	-0.1700	-0.6100	0.1500	0.7800	-1.1600	-1.3800	0.5500	-0.1800	-1.3200	-0.0700	0.0300	1.3100	0.0000	-0.1200	5.17	0.81	1.00	57.00
-0.5629	-0.1700	-0.1982	0.5118	0.9671	-1.4018	-0.6644	0.7129	0.6500	-0.8450	0.4414	-0.0300	0.2334	-0.8813	0.2850	5.25	0.79	1.50	59.85
-0.4400	-0.1700	0.2700	0.7200	1.1200	-1.5200	0.2300	0.7900	1.4800	-0.3700	0.8400	-0.0900	-0.8000	-1.4100	0.9600	5.32	0.76	2.00	63.00
-0.3203	-0.2500	0.5028	0.7603	1.4260	-0.9761	0.5111	0.7500	0.6500	-0.3700	0.0850	0.5981	-0.7597	-0.7050	1.6350	5.35	0.73	2.50	66.07
-0.1500	-0.3300	0.7000	0.7900	1.6300	-0.2200	0.6900	0.6700	-0.1800	-0.3700	-0.6700	1.3500	-0.6500	0.0000	2.0400	5.36	0.72	3.00	69.00
0.3319	-0.2312	0.9194	0.8503	1.0912	0.0975	0.8433	0.5600	-0.1800	0.0264	-0.5867	1.4519	0.3147	-0.7050	0.9600	5.35	0.72	3.63	72.18
0.8800	-0.0100	1.1400	0.8900	0.2600	0.4100	0.9200	0.4300	-0.1800	0.5800	-0.3700	1.4900	1.2100	-1.4100	-0.1200	5.34	0.73	4.00	74.00
1.2253	0.4406	1.4150	0.8041	-0.3597	1.1186	0.9200	0.2800	-0.1800	0.8342	0.9067	0.7944	0.1550	-0.8813	-0.1200	5.31	0.76	3.67	72.75
1.4300	1.0300	1.5800	0.6800	-0.7600	1.6200	0.9200	0.1900	-0.1800	1.0500	2.0500	0.0700	-0.9000	0.0000	-0.1200	5.26	0.80	3.00	70.00
1.4943	1.5537	1.0606	0.6103	-0.8814	1.5300	0.9919	0.2125	-0.1800	1.2887	1.7294	0.0256	-0.8138	0.7050	-0.1200	5.18	0.82	2.15	65.25
1.5200	2.0800	-0.1700	0.5600	-0.9300	1.0900	1.1500	0.3100	-0.1800	1.5300	0.5400	0.0100	-0.2100	1.4100	-0.1200	5.08	0.83	1.00	58.00

Таблица 3.4. Резултат от интерполация на данните по метода на Ермит

На фиг. 3.4 са представени получените чрез интерполация междинни точки и първоначалните стойности на показателя „Приходи от студентски такси“.



Фиг. 3.4. Интерполация на показателя „Приходи от студентски такси“ по метода на Ермит

Корелационен анализ на данните с цел проверка на резултата от интерполацията

За да се провери доколко зависимостите в данните са се запазили, е необходимо да се направи корелационен анализ на входящите променливи преди и след интерполацията и да се сравнят резултатите. Ако зависимостите в данните са се запазили, разликата в корелационните коефициенти преди и след интерполацията е минимална. Усреднената промяна на корелационните коефициенти след интерполацията на входящите показатели е в рамките на $0.01 \div 0.03$, а на резултатните показатели е нула, т.е. корелациите между променливите преди и след интерполацията се запазват в допустимите граници.

Анализ на главните компоненти

При наличие на няколко променливи, свързани помежду си с коефициенти на корелация, чрез АГК техният брой може да се намали до няколко по-малко на брой принципни променливи. Задачата се свежда до определяне на стойностите на тези компоненти, а като следствие от приложението на анализа е намаляване на размерността на данните. При решаването на задачата, пространството на стойностите на променливите се свежда до пространство от по-малка размерност, с цел подобряване на работата на невронната мрежа. След провеждане на АГК с помощта на специализиран статистически софтуер [26] се получават 4 принципни компонента, които отразяват общо 90.239 % от вариацията в оригиналните данни.

Прогнозиране на ефективността на електронното обучение чрез симулация на НМ

Прогнозирането на ефективността на електронното обучение може да се разглежда като апроксимация на функция. Като се има предвид количеството налични данни, като подходящи за съставяне на прогнозиращ модел се открояват НМ с линейна и нелинейна активиращи функции (Hornik [27], Nauck [28] и др.).

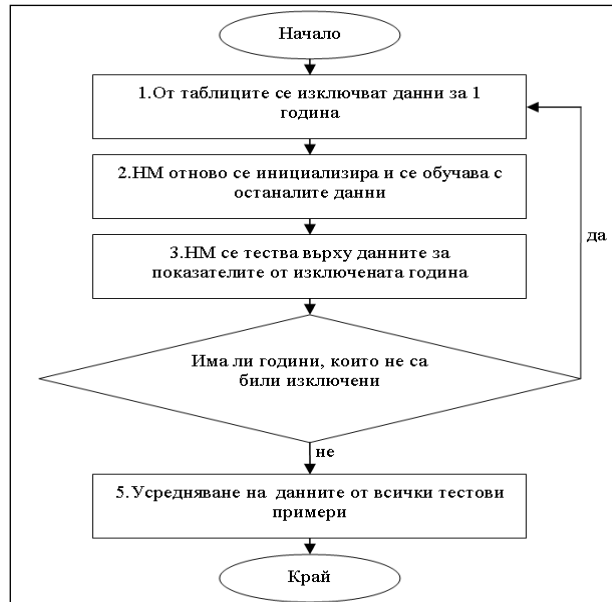
Симулацията на НМ се извършва по следния алгоритъм:

- обучение на НМ с известни данни за определен период;
- изготвяне на прогноза за стойностите на резултатните показатели за този период;
- изчисляване на получената грешка.

При работа с НМ обикновено обучаващите данни се разделят в отношение 80 % за обучение и 20 % за тестване. НМ се обучава с първата част от извадката, след което се тества върху втората част. На базата на прогнозираните изходни стойности от НМ и реалните данни от извадката се определя грешката, която дава НМ.

Когато наличните данни обхващат сравнително къс период от време, не е целесъобразно да се определи отделна тестова извадка. При наличните данни в Таблица 3.1 и Таблица 3.2 подходящ метод за оценка на точността на работата на НМ за обучение при малки извадки от данни е обучението чрез метода Leave One Out (LOO). Този метод произхожда от статистиката, където е известен като „Cross Validation“. На Фиг. 3.3 е представена блок-схема на алгоритъма на метода LOO. По абцисата на графиката е представен броя на повторенията на цикъла на обучаващия алгоритъм, а по ординатата – стойността на грешката при всеки обучаващ цикъл. За всяко проведено обучение на всяка от изследваните НМ структури се получава по една такава диаграма. Тези диаграми имат идентични характеристики и в началото на обучението грешката е голяма, а с прогресиране на обучението тя намалява, като след двадесетия цикъл на обучение отива към минималната си стойност. Поради това е показана само първата от общо 5 диаграми на процеса на обучение.

Симулирани са следните модели на структури на невронни мрежи: НМ с линейна активираща функция, подобрена структура на НМ с линейна активираща функция, НМ с нелинейна активираща функция и подобрена структура на НМ с нелинейна активираща функция.

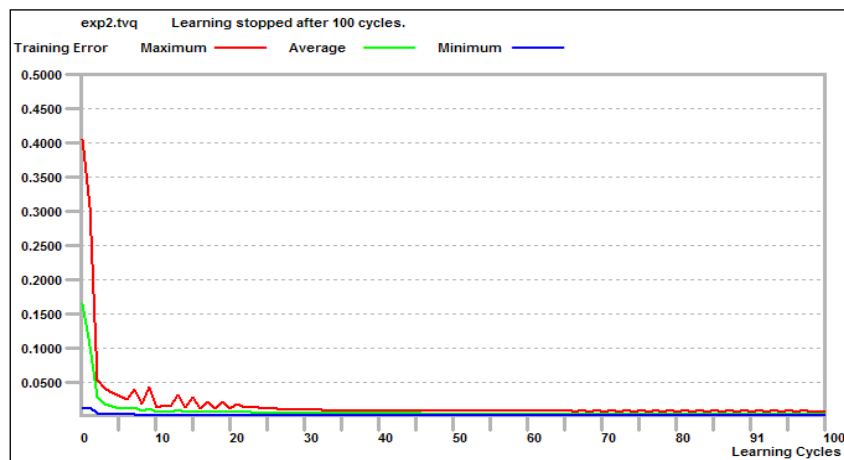


Фиг. 3.3. Блок схема на алгоритъма на обучение по метода LOO

Симулация на невронна мрежа с линейна активираща функция

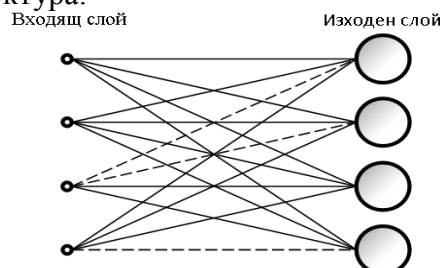
Резултатите от обучението на НМ с линейна активираща функция с реални данни за BSC показатели за електронно обучение във висше учебно заведение за период от 8 години и изпитването ѝ чрез подаване на известни входни данни за деветата година.

Диаграмата на обучение на НМ с линейна активираща функция е построена с помощта на програмния продукт MATLAB и е представена на Фиг. 3.5.



Фиг.3.5. Диаграма на процеса на обучение на НМ с линейна активираща функция

За да се повиши точността на прогнозата се прилага метод за подобряване на НМ с линейна активираща функция. Подобряването на структурата на НМ се извършва по алгоритъма OBD [29] (Optimal Brain Damage). Като резултат е получена структура, която е показана на фиг. 3.6, където с пунктирни линии са отбелязани синаптичните тегла, които отпадат от първоначалната структура:



Фиг. 3.6. Схема на подобрена НМ с линейна активираща функция

Симулация на невронна мрежа с нелинейна активираща функция

При построяване на невронна мрежа с нелинейна активираща функция е необходимо да се определи както броя на скритите слоеве, така и броя на невроните в него. От основната апроксимационна теорема следва, че е достатъчен само един скрит слой.

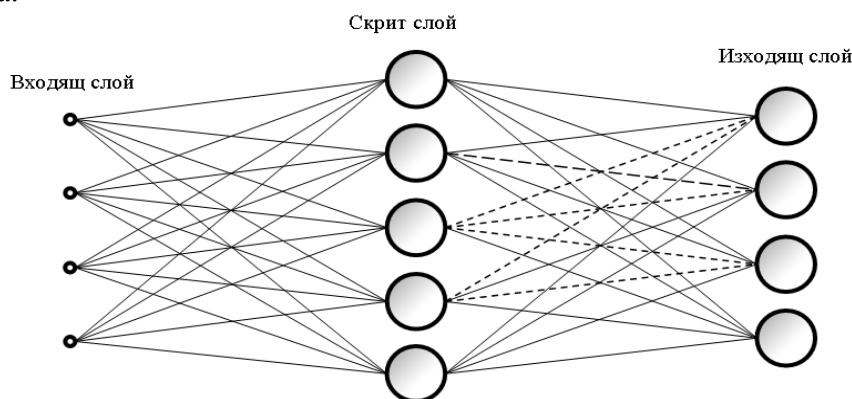
Броят на невроните в скрития слой се изчислява чрез системата [30]:

$$\begin{cases} \frac{mN}{1 + \log_2 N} \leq L_w \leq m \left(\frac{N}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m \\ L = \frac{L_w}{n + m} \\ 2(L + n + m) \leq N \leq 10(L + n + m) \end{cases} \quad (1.3)$$

където n – размерност на входящия сигнал; L – брой скрити слоеве; L_w – необходимо количество синаптични връзки; m – размер на изходящия сигнал; N – брой елементи в обучаващата извадка.

След извършване на необходимите изчисления на базата на известните реални данни се определя, че пет неврона в скрития слой са достатъчни за построяване на структурата на невронна мрежа с нелинейна активираща функция.

Получената структура на НМ с нелинейна активираща функция, върху която е приложен метода OBD, е показана на фиг. 3.9, където с пунктирани линии са отбелязани отстранените синаптични тегла.



Фиг. 3.9. Схема на подобрена НМ с нелинейна активираща функция

След обучение на НМ с нелинейна активираща функция с реални данни за BSC показатели за електронно обучение във висше учебно заведение за период от 8 години е направена прогноза за стойностите на резултатните показатели за следващата година, които са сравнени с известните данни за същата година.

Обобщените данни за прогнозни стойности на резултатните показатели определени чрез различни НМ структури, са представени в Таблица 3.20.

	Среден успех на завършващите студенти		Коефициент на успеваемост		Брой продължили следваща степен обучение - доктор		Отн. дял на работещите по специалността		средна грешка, %
	стойност	грешка	стойност	грешка	стойност	грешка	стойност	грешка	
Ширина на интервала (min-max)	0.49		0.15		4.00		21.00		
Целева стойност (2009 г.)	5.08		0.83		1.00		58.00		
НМ с линейна акт. ф-я	5.15	14.29	0.83	0.00	2.00	25.00	61.00	14.29	13.39
подобрена НМ с линейна акт. ф-я	5.14	12.24	0.83	0.00	1.00	0.00	61.00	14.29	6.63
НМ с нелинейна акт. ф-я	5.15	14.29	0.82	6.67	2.00	25.00	61.00	14.29	15.06
подобрена НМ с нелинейна акт. ф-я	5.12	8.16	0.82	6.67	1.00	0.00	58.00	0.00	3.71

Таблица 3.20. Обобщените данни за прогнозни стойности на резултатните показатели, определени чрез НМ с различни структури

Средната грешка, получена в резултат на направената прогноза, използвайки НМ с линейна активираща функция е 13.39 % от общата ширина на интервалите на резултатните променливи. Усреднените резултати от направената прогноза чрез подобрена НМ структура с линейна активираща функция водят до грешка от 6.63 %, която показва подобряване на прогнозиращите способности в сравнение с първоначалната структура на НМ. Използването на НМ с нелинейна активираща функция води до грешка на прогнозата в размер на 15.06 % от общата ширина на интервала на резултатните показатели.

Определянето на прогнозни стойности на резултатните показатели чрез подобрена НМ с нелинейна активираща функция води до грешка от 3.71 %. От статистическа гледна точка нивото на грешката е в допустимите граници от 5 %, от където следва, че точността на прогнозата на подобрена НМ с нелинейна активираща функция е по-висока от тази на подобрена НМ с линейна активираща функция. С цел потвърждаване на избора на подобрена структура на НМ с нелинейна активираща функция като най-точна, бяха проведени по 5 симулации със всяка НМ архитектура. Разликата в резултатите от различните симулации варира в рамките на (0÷0.5) % от ширината на изследвания показател.

Чрез подобрена НМ с нелинейна активираща функция са получени 25 прогнози за стойностите на резултатните показатели за 1 година. В Таблица 3.21. са показани осреднените стойности на резултатните показатели за годината, средните прогнозни стойности и съответната грешка на прогнозата.

Показател	Среден успех на завършващите студенти	Коефициент на успеваемост	Брой продължили следваща степен на обучение доктор	Отн. дял на работещите по специалността
Фактически стойности	5.08	0.83	1.00	58.00
Прогнозирани стойности (ср. от 25 опита)	5.10	0.82	1.02	58.07
Грешка (ср. от 25 опита)	5 %	4 %	3 %	1 %

Таблица 3.21. Резултати от 25 прогнози за стойностите на показателите

От Таблица 3.21 се вижда, че получените от прогнозата стойности на резултатните показатели за ефективност на електронното обучение са достатъчно близки до фактическите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дисертационния труд са представени изследвания и резултати, свързани с оценяване и прогнозиране на ефективността на електронното обучение (ЕО) във висшето образование. За целта е разработен модел на балансирана система от показатели (BSC), съобразен със спецификата на ЕО във висшето образование. Чрез SWOT анализ са определени предимствата и недостатъците на използването на BSC за оценка ефективността на ЕО във висше училище. Разработени са модели за оценка на съществени показатели на ефективност на ЕО, като „време за разработване на електронен курс” и “оценка от изпита”. Оценено е влиянието на on-line активността на студентите върху ефективността на ЕО.

Изследвани са възможностите за приложение на невронни мрежи за прогнозиране на ефективността на ЕО във висшето образование. За създаване на прогнозиращ модел на резултатните показатели на електронното обучение с приемливо равнище на грешка на прогнозата са изследвани алтернативни структури на НМ. Установено е, че грешката на прогнозата намалява при използване на НМ с нелинейна активираща функция, което показва, че спецификата на показателите за прогнозиране на ефективността на ЕО във висшето образование определя нелинейни зависимости на данните.

Разработен е модел на структура на невронна мрежа и алгоритъм за приложение, чието предимство е комбинирането на невронни мрежи, АГК и интерполация, което позволява повишаване на точността на прогнозата при малки извадки от данни. Предложени са алгоритъм и методология за реализиране на модела.

Проведените числени експерименти, на базата на реални данни, потвърждават приложимостта на предложения модел на структура на НМ за прогнозиране ефективността на ЕО.

Изследванията по дисертацията и получените резултати са отразени в 10 публикации, 8 от които са самостоятелни. Част от получените резултати са във връзка с изпълнението на 2 проекта, финансирани по Европейски програми.

Постигнатите резултати в дисертационния труд очертават следните насоки за бъдещи изследвания в областта на оценяването и прогнозирането на ефективността на ЕО: 1) приложение на BSC за сравняване ефективността на ЕО на различни образователни институции; 2) изследването на възможностите за създаване на по-точни прогнозиращи модели (на базата на невронни мрежи и/или други моделиращи подходи) за оценка ефективността на ЕО.

СПРАВКА ЗА ПРИНОСИТЕ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Основните резултати в дисертационния труд могат да бъдат обобщени както следва:

1. Разработен е модел на балансирана система от показатели (BSC) за оценяване на ефективността на електронното обучение във висшето образование. Предложен е набор от резултатни показатели, позволяващ да се оцени процеса на електронно обучение и да се направи обратна връзка на модела на BSC с определени показатели. Разработен е алгоритъм за приложение на BSC, който дава възможност за адаптиране към специфичните изисквания на различни висши училища с електронно обучение.
2. Разработени са два модела за оценка и прогнозиране на времето за разработване на електронен курс, като един от съществените индикатори на ефективността на електронното обучение. Предимство на моделите е по-високата степен на точност на оценката на времето за разработване на курс и възможността за калибриране на показателите чрез промяна на тегловните коефициенти. На базата на корелационен анализ са изследвани два модела за оценка на влиянието на on-line активността на студентите върху резултатния показател “Оценка от изпита”.
3. Разработен е модел на структура на невронна мрежа за прогнозиране ефективността на електронното обучение във висшето образование. Предимство на посочения модел е комбинирането на невронни мрежи, АГК и интерполация, което позволява повишаване на точността на прогнозата при малки извадки от данни. Предложени са алгоритъм и методология за реализиране на модела. Проведените числени експерименти на база на реални данни за резултатните показатели на електронното обучение, потвърждават приложимостта на разработената структура на невронна мрежа за прогнозиране на ефективността на електронното обучение.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

I. Статии в научни списания:

1. Halachev P, Predicting the effectiveness of e-learning by neural networks, *Cybernetics and Information technology*, ISSN 1311-9702, (приета за печат).
2. Halachev P., Balanced Score Card for Evaluation of the Efficiency of E-Learning, *International Journal of Arts and Sciences*, CD-ROM ISSN 1944-6934, 3 (18), 2010, pp. 228-238.
3. Halachev P., Educational Challenges for e-Learning in Higher Education in Bulgaria, *The International Journal of Learning*, ISSN 1447-9494, Vol. 16, No 6, 2009, pp. 737-745.
4. Halachev P., I. Mustakerov, Evaluation of the time needed for e-learning course development, *Cybernetics and Information technology*, ISSN 1311-9702, Vol. 9, No 3, 2009, pp. 86-95.

II. Доклади на научни конференции:

5. Halachev P., Forecasting e-learning efficiency by using artificial neural networks and a balanced score card, World academy of science engineering and technology, ICECECE 2010: „International Conference on Electrical, Computer, Electronics and Communication Engineering”, ISBN 1307-6392, 27-29.11.2010, Paris, France, pp. 312-317.
6. Halachev P., Efficiency of e-Learning, *12th International Conference Interactive Computer Aided Learning*, ISBN 978-3-89958-481-3, 23-25.09.2009, Villach, Austria, pp. 551-557.
7. Халачев П., Комуникациите в електронното обучение, *Трета национална конференция с международно участие по електронно обучение във висшето образование*, ISBN 978-954-23-0427-2, Том I, 15-17.05.2009 г., гр. Свищов, стр. 275-282.
8. Ангелова Й., П. Халачев, Качество на електронното обучение, *Втора национална научна конференция с международно участие „Качеството на висшето образование в България – проблеми и перспективи”*, ISBN 1314-0051, Том I, 03–04.12.2009 г., гр. Русе, стр. 133-138.

III. Статии в популярни списания:

9. Халачев П., Алтернативи пред обучението на персонала, списание „Човешки ресурси”, ISSN 1312-319X, бр. 3/183/2009, стр. 22-25.
10. Халачев П., Ефективност на електронното обучение в организациите, списание „Икономика“, ISSN 1312-2428, бр. 1/2009, стр. 80-85.

IV. Участия в проекти

1. Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по съвременни информационни технологии за оптимизация, разпознаване на образи и подпомагане вземането на решения. Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на ЕСФ (2007-2013) и Р. България – МОМН по оперативна програма “Развитие на човешките ресурси” в направление “Подкрепа за развитието на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени”: BG051PO001-3.3.04/40/28.08.2009, (2009 – 2011)
2. *Efficiency Measurement of Lifelong Learning – using of Balanced Scorecard Concept*, ADAM, the Project and Product Portal for Leonardo da Vinci – funded by the European Commission, Project # 510007-2010-LLP-CZ-LEONARDO-LMP.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] W. Horton, Evaluating e-learning, 2001.
- [2] Adel Ben Youssef, David Castillo, Josep Maria Duart, Mounir Dahmani, The Economics of E-learning, 2008.
- [3] H. E. Division, Open and distance learning. Trends, policy and strategy considerations., UNESCO, 2002.
- [4] Dorothy E. Leidner, Sirkka L. Jarvenpaa, The Use of Information Technology to Enhance Management School Education: A Theoretical View, 1995.
- [5] G. Piccoli, Ahmad R., Ives B., Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training., MIS Quarterly 4, 2001.
- [6] E. Osika, D. Camin, Concentric Model for Evaluating Internet-Based Distance Learning Programs, 18th Annual Conference on Distance Teaching and Learning, 2005.
- [7] Y. Levy, Assessing the Value of E-Learning Systems, Science Information Publishing, 2006.
- [8] ISO/IEC 19796-1:2005, Information technology - Learning, education and training - Quality management, assurance and metrics, ISO, 2005.
- [9] D. Kirkpatrick, Evaluating a Human Relations Training Program for Supervisors to Measure Learning Behavior and Results, Dissertation, 1954.
- [10] E. F. Holton, The flawed four level evaluation model, Human Resource Development Quarterly III , 1996.
- [11] B. Khan, Managing E-learning: Design, delivery, implementation, and evaluation, Hershey PA Information Science Publishing, 2005.
- [12] M. Rosenberg, E-learning: Strategies for delivering knowledge in the digital age, NY McGraw Hill, 2001.
- [13] Daniel L. Stufflebeam, Anthony J. Shinkfield, Evaluation theory, models, and applications, 2007.
- [14] Robert Kaplan, David P. Norton, Using the Balanced scorecard as a Strategic Management System, Harvard Business Review on Measuring Corporate Performance, 1998.
- [15] Г. Къртис, Бизнес Информационни Системи, София, 1995.
- [16] L. Russell, Project Management for Trainers, ASTD, 2000.
- [17] К. Кapp, How Long Does it Take? Estimation Methods for Developing E-Learning, ASTD, 2003.
- [18] B. designer, <http://www.bscdesigner.com/>, 2011.
- [19] Pennyjw, SWOT analysis for e-learning in professional development, 2010.
- [20] J. J. Edward, A User's Guide to Principal Components, 2004.
- [21] Вьндев, Записки по приложна статистика 2, 2003.
- [22] H. F. Weisberg, Central Tendency and Variability, 1992.
- [23] J. H. Andrew Gelman, Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models, 2007.
- [24] K. H. M. S. Carl de Boor, High accuracy geometric Hermite interpolation, Computer Aided Geometric Design Volume 4, Issue 4, 1987.
- [25] H. C., Sur un nouveau développement en série de fonctions, Compt. Rend. Acad. Sci. Paris, 1864.
- [26] <http://www.spss.com>
- [27] К.-I. Funahashi, On the approximate realization of continuous mappings by neural networks, 1989.
- [28] S. Haykin, Neural Networks A comprehensive Foundation, 1994-2006.
- [29] Yan Le Cun, J. Denker, S. Solla, Optimal brain damage, Advances in Neural Information Processing Systems, 1990.
- [30] М. Д. Р. Г. В.В. Круглов, Нечеткая логика и искусственные нейронные сети, 2001.

Abstracts of Dissertations

Number 4, 2012

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 4, 2012

Автореферати на дисертации