



I T H E A



International Journal

INFORMATION TECHNOLOGIES
&
KNOWLEDGE



2015 Volume 9 Number 1



**International Journal
INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE**

Volume 9 / 2015, Number 1

EDITORIAL BOARD

Editor in chief: **Krassimir Markov** (Bulgaria)

Abdelmgeid Amin Ali	(Egypt)	Larissa Zaynutdinova	(Russia)
Aleksey Voloshin	(Ukraine)	Laura Ciocoiu	(Romania)
Alexander Kuzemin	(Ukraine)	Levon Aslanyan	(Armenia)
Alexander Palagin	(Ukraine)	Luis F. de Mingo	(Spain)
Alexey Petrovskiy	(Russia)	Martin P. Mintchev	(Canada)
Alfredo Milani	(Italy)	Natalia Ivanova	(Russia)
Arnold Sterenharz	(Germany)	Nataliia Kussul	(Ukraine)
Avram Eskenazi	(Bulgaria)	Natalia Pankratova	(Ukraine)
Axel Lehmann	(Germany)	Nelly Maneva	(Bulgaria)
Darina Dicheva	(USA)	Nikolay Lyutov	(Bulgaria)
Ekaterina Solovyova	(Ukraine)	Orly Yadid-Pecht	(Israel)
George Totkov	(Bulgaria)	Rafael Yusupov	(Russia)
Hasmik Sahakyan	(Armenia)	Rumyana Kirkova	(Bulgaria)
Iliia Mitov	(Bulgaria)	Stoyan Poryazov	(Bulgaria)
Irina Petrova	(Russia)	Tatyana Gavrilova	(Russia)
Ivan Popchev	(Bulgaria)	Vadim Vagin	(Russia)
Jeanne Schreurs	(Belgium)	Vasil Sgurev	(Bulgaria)
Juan Castellanos	(Spain)	Velina Slavova	(Bulgaria)
Julita Vassileva	(Canada)	Vitaliy Lozovskiy	(Ukraine)
Karola Witschurke	(Germany)	Vladimir Ryazanov	(Russia)
Koen Vanhoof	(Belgium)	Volodimir Doncheko	(Ukraine)
Krassimira B. Ivanova	(Bulgaria)	Yuriy Zaychenko	(Ukraine)
		Zhili Sun	(UK)

**International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" (IJ ITK)
is official publisher of the scientific papers of the members of
the ITHEA International Scientific Society**

IJ ITK rules for preparing the manuscripts are compulsory.
The **rules for the papers** for IJ ITK are given on www.ithea.org
Responsibility for papers published in IJ ITK belongs to authors.

International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 9, Number 1, 2015
Edited by the **Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA**, Bulgaria, in collaboration with:
Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Bulgaria; V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of NAS, Ukraine;
Universidad Politecnica de Madrid, Spain; Hasselt University, Belgium;
St. Petersburg Institute of Informatics, RAS, Russia; Institute for Informatics and Automation Problems, NAS of the Republic of Armenia.

**Printed in Bulgaria
Publisher ITHEA®**

Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria. www.ithea.org, e-mail: info@foibg.com
Technical editor: Ina Markova

Издател: ИТЕА®, София 1000, ПК 775, България, www.ithea.org, e-mail: info@foibg.com

Copyright © 2015 All rights reserved for the publisher and all authors.

© 2007-2015 "Information Technologies and Knowledge" is a trademark of ITHEA®

© ITHEA® is a registered trademark of FOI-Commerce Co.

ISSN 1313-0455 (printed)

ISSN 1313-048X (online)

MULTILEVEL SENSOR NETWORKS FOR PRECISION FARMING AND ENVIRONMENTAL MONITORING

Volodymyr Romanov, Valeriya Gribova, Igor Galelyuka, Oleksandr Voronenko

Abstract: *Plants as all alive suffer from impacts of natural or anthropogenic stress factors. Creation of wireless smart biosensors and wireless sensor networks on their base for express-diagnostic of plant state on large territories under impact of stresses of different origin provides to apply managerial measures in time to decrease the negative impact of natural and anthropogenic load on the state of agricultural lands and green plantations of megalopolis, national preserves, woodlands and parklands. The applications of wireless technologies in agriculture and ecological monitoring are considered. The main aim of the multilevel sensor network is real-time data acquisition of state of plants on large territories, on-line data processing and timely decision making according to specified criteria. Multilevel sensor network has two levels. The low level is intended for plant state data acquisition and consists of several wireless sensor networks as primary data acquisition systems. The high level of multilevel sensor network works in "cloud" environment and the main purpose of this level is data storage, data analysis and managerial decision making. The main work purpose is development of low-cost wireless smart biosensors for express-diagnostics of common state of plants and creating the proper software and methodical support for integration of these wireless biosensors into wireless sensor network and multilevel sensor network for express-diagnostics of plant state on large territories, what make possible to spread the application of new information and communication technologies to industrial agriculture, ecological monitoring and environmental protection.*

Keywords: *wireless sensor network, agriculture, ecology, environmental monitoring.*

ACM Classification Keywords: *J.3 Life and Medical Sciences - Biology and Genetics*

Introduction

In modern industrial agriculture and ecological monitoring it is needed to obtain data about the real-time influence of climatic and anthropogenic stress factors on the state of the crop or agrarian plants and use special means for their protection. For protecting the plant cover of the megalopolises, national parks, woodlands or parklands similar data and means are needed too. The application of modern achievements of microelectronics, biosensors, communication and information technologies makes it possible to solve this rather complicated problem of real-time monitoring of plant state on large

territories. The most perspective technology for realization of data acquisition and processing systems is wireless sensor network (WSN).

Several years ago portable computer devices of "Floratest" family were developed and prepared for full-scale production [Romanov, 2012]. The main purpose of these devices was diagnostics of plant state in real-time mode in laboratory and field conditions. Industrial precision farming and ecological monitoring are main application fields of these portable devices. But, the field testing in German and Ukrainian agrarian farms showed some restrictions during active work with "Floratest" device in the field conditions. In particular, experienced specialist had to run measurements and the one measurement, including dark adaptation, took a long time. For speedup of measurements in general it is necessary to use a large number of autonomous portable devices. To avoid these restrictions it was started development of wireless sensor network. Such approach allowed centralizing running of measurements, made with many devices, and accumulating obtained information in the control center on server. This handling lets to cover by monitoring a large territory of agricultural lands, parklands or woodlands.

There are many advantages of wireless sensor networks in different applications. It gives a lot of benefits to users in science, industry, medicine and defense. In different applications WSNs include from tens to hundreds of nodes equipped with micro power battery supplies. Taking into account the variety of the deployed environments and resource constraints on radio communication, sensing ability, calculation means and energy supply, it is a very challenging task to design optimal WSN topology and predict its performances before deployment and usage.

State of the art of WSN applications in precision agriculture and environmental monitoring was briefly considered in our paper [Palagin, 2013]. In examined papers developed systems measure different parameters of soil, plants and environment, but any system doesn't measure and process such important parameter, as plant photosynthesis, but in some described systems the leaf chlorophyll content is measured. It is well known that photosynthesis is the main process of plant life activity and if it is necessary to know the state of plants the best way is to measure photosynthesis parameters.

The work purpose is development of low-cost wireless smart biosensors for express-diagnostics of common state of plants and creating the proper software and methodical support for integration of these biosensors into wireless sensor network for express-diagnostics of plant state on large territories, what make possible to spread the application of new information and communication technologies to industrial agriculture, ecological monitoring and environmental protection, for example, for estimating of viral and bacterial load, control of influence of climatic conditions and express-diagnostics of common level of impact of stress factors of natural or anthropogenic origin on agricultural crops, green plantations of megalopolis, national preserves, woodlands and parklands.

Wireless Sensor Network and Engineering Design

Today it is impossible to imagine the precision farming technology or ecological monitoring system without such important element as decision-making and managerial decision generating system. Data from system of primary sensors, placed directly on observable objects or territories (for example, agricultural fields, parklands, woodlands gardens and etc.), can be used as basis for decision making. Quality and completeness of data acquisition determine the correctness of decision making about implementation of necessary operations for harvest increasing, costs reducing, protecting plants and fruit trees, avoiding losses of plants or harvest from influence of stress factors of natural or anthropogenic origin.

It is necessary to note, that functional possibilities of decision-making system in precision farming or environmental monitoring significantly are determined by quantity, quality and frequency of data acquisition from fields and data processing. Meteorological data, information about soil state and, not less important, information about state of plants can be referred to data, which are acquired directly on the field, forest or garden.

Therefore, acquisition of live and objective data of plant cover state in most cases is very important factor, which causes future strategy of keeping agricultural lands, trees of woodlands, parklands or gardens and proper decision making. Certainly, it would be ideal to obtain information about improvement or worsening of plant cover state beforehand, but not after the event. It lets to protect plants from losses, decrease cost of plant protection and avoid some negative influence of stress factors of different origin.

Modern achievements in microelectronics and information and communication technologies after detailed analysis show possibility of creating WSN for express-diagnostics of state of plants on large territories with using the same effect of chlorophyll fluorescence induction, on which the operation of devices of "Floratest" family is based on. Application of microsensors for measuring additional parameters of air and soil in WSN gives possibility in indirect method to measure not only the general state of plant, but also such parameters, as pesticides content in soil, water and plants, level of soil corrosion, level of pollution in air etc.

Wireless sensor network for our applied problem has to satisfy requirements to typical sensor network for application in agriculture and environmental protection. Development of WSN depends on many factors, including failure-resistance, scaling, manufacture cost, type of operational environment, topology of sensor network, hardware restrictions, data transferring model, energy consumption and etc. Schemas for initial placing of nodes of sensor network have to satisfy requirements of cost reducing of installation, removing necessary of preliminary planning of placing schemas, improving flexibility of node placing, and assisting self-organization and failure-resistance. Nodes of our wireless

sensor network are deployed in static mode. Since nodes of sensor network sometimes fail because of battery discharge or physical impacts, the structure of sensor network has to change its topology very often after the sensor network has been deployed. Changes of topology cause modification of characteristics of network nodes, notably location, accessibility (because of noise, moving obstacles etc.), battery charge, failures, changing of node functions in network. It is specified possibility to include additional nodes in WSN for replacement of non-working nodes or expansion of network or network functions.

The proposed WSN covers the large territory of crop, woodlands or parklands and microelectronic sensors with radio channel are situated directly on the leaves of plants. Every sensor includes transceiver and it makes possible to join separate sensors to WSN later, after network deployment.

Development of wireless sensor network for precision farming and environmental monitoring was begun from development of certain node of such network. As base it was used typical architecture of such node, which includes several basic units: data acquisition unit, data processing unit, transceiver and supply unit [Akyildiz, 2002]. Presence of additional units depends on application task of wireless sensor network. Such units, as GPS unit, power generator and mobilizer can be considered as additional elements. Data acquisition unit, as rule, includes sensor and ADC.

Designing WSN we have to pay attention on to important aspects: in-network data handling and organization of communication between network nodes. Data handling includes development of sensor interfaces, data acquisition, data compression, and data aggregation, data processing, decision-making and report forming. Organization of communication between network nodes includes adjustment of wireless modules, network synchronization, planning MAC-protocols, topology control, strategy of network relations, and common organization of data dissemination.

For designing pilot elements of WSN it was chosen the wireless microcontroller JN5168, manufactured by NXP Company. Microcontroller includes 32-bit processor with 1–32 MHz clock speed, 2,4 GHz IEEE802.15.4 compliant transceiver, 4-input 10-bit ADC and a comprehensive mix of analogue and digital peripherals etc. This microcontroller complies with the network nodes requirements. It supports data acquisition, data storage and data transferring via wireless channel.

The standardization and unification requirements to WSN are determined by 802.15.4 standard, which defines features of creation of networks with low data throughput. In additional ZigBee and JenNet-IP protocols determine requirements to network routing and security. We selected JenNet-IP protocol for our applied tasks.

The JenNet-IP protocol combines IEEE802.15.4-based wireless network technology and the Internet Protocol (IP) to achieve integration between the two domains, supporting the wireless "Internet of

Things". Due to the nodes of a wireless network are to be controlled both wirelessly and from IP-connected device, such as a smart remotely located phone or tablet.

Topology control layer support the determination of data transfer energy consumption for certain units and type of communication of such units. As a rule, the minimum transmission delay in the network has to be reached for minimum energy consumption. Optimal selection of in-network data transfer protocol lets to get optimal ratio of above mentioned parameters.

On the initial development stages for proposed tasks it was proposed to use simple tree-like topology of WSN. The part of WSN topology, which was created as base fragment (cluster) of network, is shown on Figure 1.

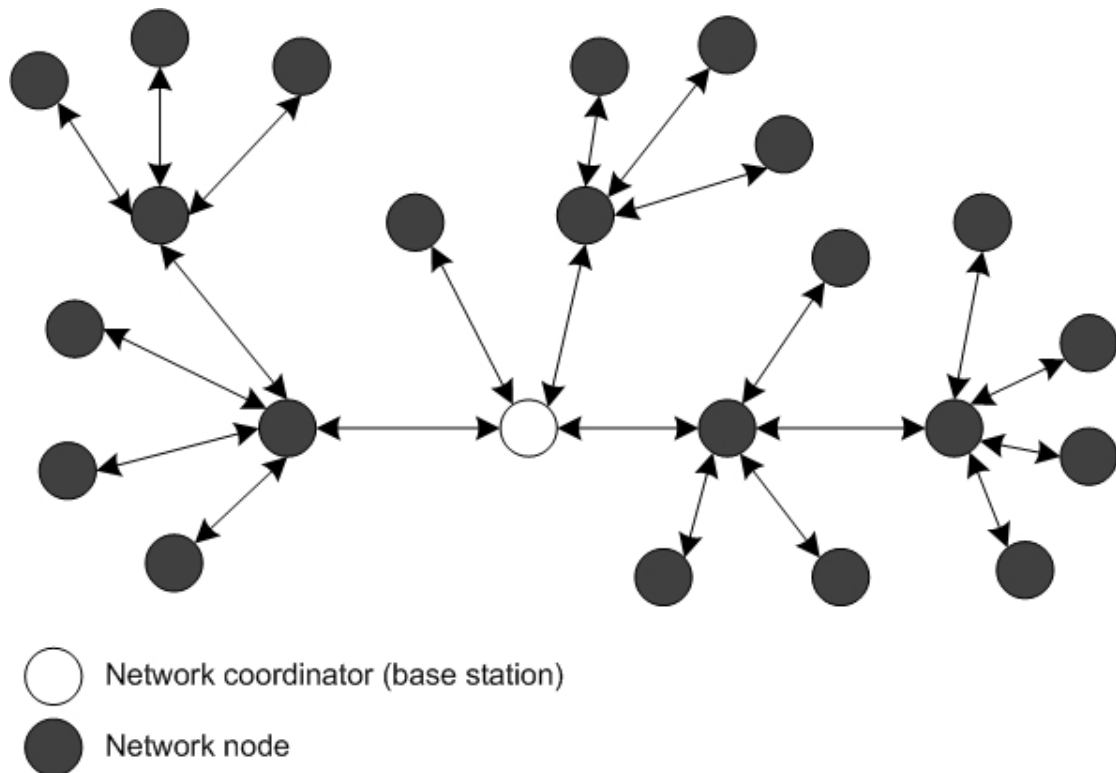


Figure 1. Fragment of WSN topology

Normally, there are two classes of nodes in developed network. The first class is the full-function node. This node can be used as coordinating node (coordinator) for separate fragment of WSN. Such coordinator realizes the communication model, which allows communicating network nodes. Also the coordinator can interact with higher level of multilevel sensor network. The second class is nodes with limited functions. That is simple nodes with micropower battery resource and low requirements to network. Normally such nodes can communicate with full-function nodes and can't serve as network

coordinators. The main purpose of these nodes is acquisition of data of state of plants and data transferring. As a rule, such nodes can retransmit data from remote nodes to network coordinator.

Multilevel Sensor Network

Multilevel sensor network is intended for express-diagnostics of plant state, knowledge base filling and managerial decision making. The network include such elements: wireless sensor network or networks as primary data acquisition system, knowledge bases about current and normal (reference) states of plants, processor for managerial decision making and user interface. The schema of proposed multilevel sensor network is shown in Figure 2. Knowledge base contains information about state of different plants in normal climatic conditions, acceptable deviations of these conditions, and means for compensation of influence of external stress factors and etc. Knowledge base is filled in real-time mode with information about current changes of state of plants or trees, what were caused by stress factors of natural or anthropogenic origin. Information about plant state is formed by means of proposed above wireless sensor networks. Nodes of these WSNs are placed directly on the plant or tree leaves. Processor of multilevel network works in "cloud" environment, what improves the results of managerial decision making during fast changes of knowledge about current state of plant state because of climatic changes and anthropogenic impacts. User interface is developed as web-interface, what ensures the interaction with different types of data and knowledge and gives the possibility to adopt such interface with the user requirements.

So plant state data are passed from WSN to next level of multilevel sensor network. The managerial decision "to water or not to water", or "to fertilize or not to fertilize", "to add herbicide or not", and so on is determined with data processing. It is expected that knowledge database is permanently replenished with new data of stress factor influence to plant state, the processors of cloud system generates managerial decision in real time, and user Web-interface supports the filling knowledge database from different information providers.

Today the main elements of proposed WSN and cloud environment for precision farming and environmental monitoring are developed within two international projects. The first field tests of wireless sensor will be held in the end of this year. During this year the preliminary variant of methods for managerial decision making will be developed. Next year we plan to test whole system and the test results will be published.

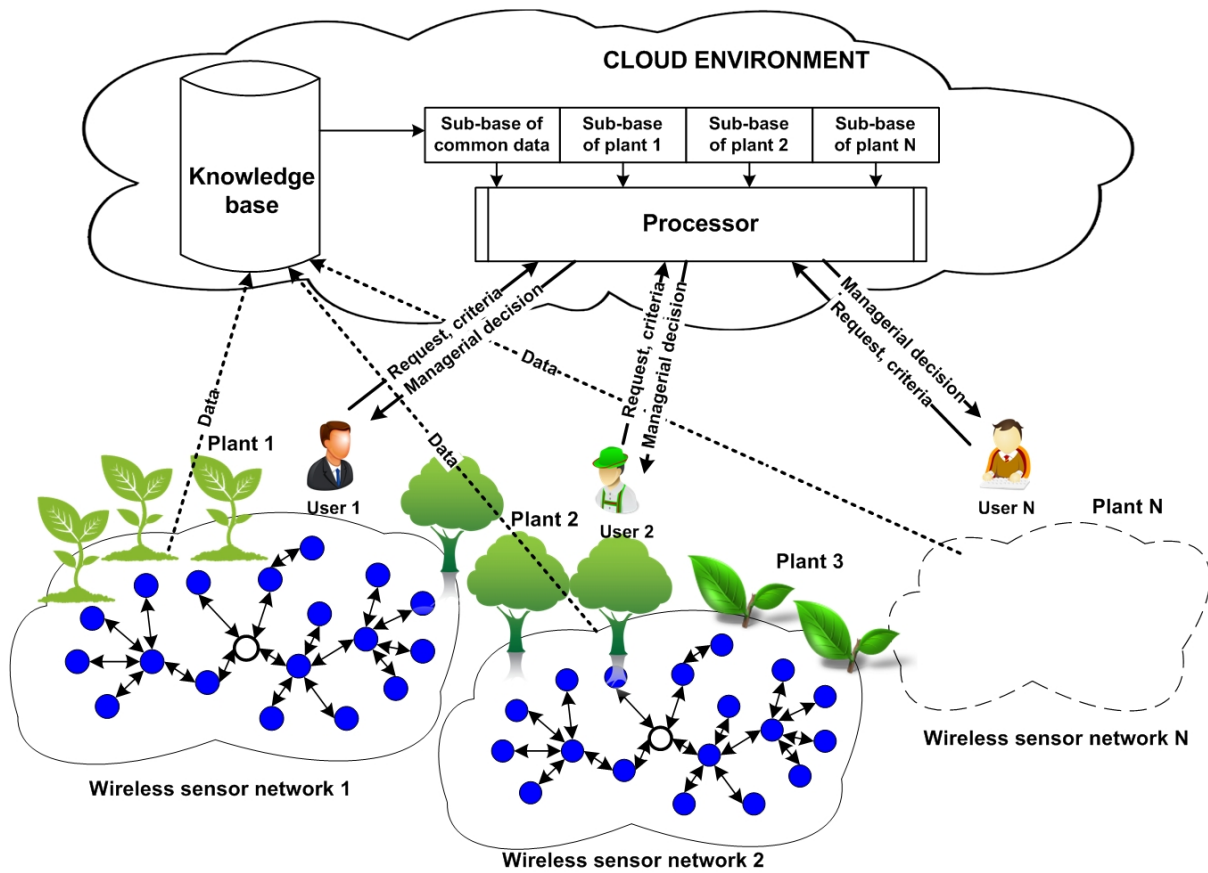


Figure 2. Schema of multilevel sensor network

Conclusion

Implementation of proposed multilevel sensor network and wireless sensor networks to industrial agriculture, environment protection and ecological monitoring makes it possible to increase efficiency and quality of agricultural products, spare fertilizers, water and energy resources, timely protect agricultural plants, woodlands and parklands from infections and anthropogenic impacts.

Bibliography

- [Akyildiz, 2002] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey", in "Computer Networks", 2002, № 38, pp. 393–422.
- [Palagin, 2013] O. Palagin, V. Romanov, I. Galelyuka, O. Voronenko, D. Artemenko, O. Kovyrova, Ye. Sarakhan. "Computer devices and mobile information technology for precision farming", in Proceeding of the 7th IEEE International conference on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2013, Berlin, Germany, 2013, September 12–14. – P. 47-51.

[Romanov, 2012] V. Romanov, D. Artemenko, Yu. Brayko, I. Galelyuka, R. Imamutdinova, O. Kytayev, O. Palagin, Ye. Sarakhan, M. Starodub, V. Fedak, "Portable Biosensor: from Idea to Market", in International Journal "Information Theories & Applications", Vol. 19, Number 2, Sofia, Bulgaria, 2012, pp. 126–131.

Acknowledgement

The paper is published with partial support by the project ITHEA XXI of the ITHEA ISS (www.ithea.org) and the ADUIS (www.aduis.com.ua).

Authors' Information



Volodymyr Romanov – Head of department of V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of engineering sciences, professor; Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine; e-mail: VRomanov@i.ua; website: <http://www.dasd.com.ua>



Valeriya Gribova – Head of Intelligent system laboratory of The Institute of Automation and Control Processes of Far eastern branch of Russian academy of sciences, Doctor of engineering sciences, professor; Radio str., 5, Vladivostok, 690041, Russian Federation; e-mail: gribova@iacp.dvo.ru



Igor Galelyuka – Senior research fellow of V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; Candidate of engineering sciences; Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine; e-mail: galelyuka@gmail.com; website: <http://www.dasd.com.ua>



Oleksandr Voronenko – research fellow of V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine; e-mail: alexander.voronenko@dc.kiev.ua; website: <http://www.dasd.com.ua>

EMGNEU: MOBILE HEALTH APPLICATION FOR NEUROMUSCULAR DISORDERS DIAGNOSIS

**Nahla F. Abdel-Maboud, Bassant Mohamed ELBagoury,
Mohamed Roushdy, Abdel-Badeeh M. Salem**

Abstract: *Neuromuscular disorders term refers to all diseases that affect nerves and muscles. Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS, also called Lou Gehrig's disease) is one of the most common neuromuscular diseases worldwide. Individuals with ALS may suffer from voluntary muscles (legs and arms muscles) weakness and difficulty in swallowing or breathing. Recently, mobile technology is used in the health sector to improve the quality of and access to health care. Mobile health applications help patients to monitor their treatments when it becomes difficult to obtain attention from health workers regularly.*

EMGNeu is a mobile health application that aims to help ALS patients to discover their disease once it occurs based on EMG signal. That is by focusing on new trends of integrating artificial intelligence methodologies as support vector machines into mobile telemedicine solutions. EMGNeu doesn't only help patients to track their neuromuscular conditions but it also helps their physician as well. Physicians are able to track their patients by receiving alerts when the disease is discovered and sending recommendations to the patients to help them monitoring their emergency case until they could obtain medical help.

Keywords: *mHealth, Neuromuscular disorders, EMG signal, SVM Classifier, Bioinformatics*

ACM Classification Keywords: *1.2 Artificial Intelligence; 1.2.1 Applications and Expert Systems - Medicine and science*

Introduction

E-Health can be defined as the use of information and communication technologies in health sector [World Health Organization, 2015]. M-Health is one of the most important technologies among information and communication technologies which are widely used recently. It conducts both patients and physicians to track and monitor diseases and public health which are known as e-Health. It improves quality and capacity of health care systems as it deals with mobiles utilities including Bluetooth, GPS (Global Positioning System), messaging service and many other applications. In

addition to patient safety, m-Health saves time and expense to patient and physician as well as managing the deadly diseases.

There are two types of muscle diseases namely: (a) Neuromuscular disorders, and (b) Myopathy (MYO). Neuromuscular disorders include diseases that affect nerves and muscles and causes muscle numbness, weakness and twitching. Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) is a motor neuron disease that affects nerve cells in the brain and the spinal cord. Myopathy (MYO) includes diseases of skeletal or voluntary muscles and causes these muscles to become weak but they don't affect the nerve system. Electromyography (EMG) signal shows the electrical activity of a muscle which represents the muscle response during different actions and it provides significant information for identification of various diseases like neuromuscular diseases, muscle degeneration and nerve injury. In order to use EMG signal as a diagnosis signal, significant features must be extracted from the raw signal as using the raw signal itself in the classification process results in poor classification system with very low accuracy. So that the feature extraction process is considered the most important phase in building a successful diagnostic system. In the last decade, wavelet transform (WT) approved its efficiency in analyzing non stationary biomedical signals such as EMG signals. It transforms the signal into both time and frequency domains.

This work presents the initial results for a simple Mobile Health (mHealth) application for Neuromuscular Disorders diagnosis. The application is based on the wavelet transform approach for features extraction process and SVM model for classification process. This paper is organized as follows: Section 2 includes the related work, Section 3 discusses the support vector machine classification model for Electromyography Signal, Section 4 presents the modules of EMGNeu mobile health application and the role of each module and finally, Section 5 concludes the paper.

Related Work

Many of recent researches used support vector machine (SVM) in EMG signal classification either for actions and movements identification or for neuromuscular disorders classification. More recent, Gurmanik et al. [Kaur, 2009] proposed a technique for diagnosis of neuromuscular disorders based on multi-class SVM and autoregressive (AR) features. Bassam et al. [Moslem, 2011] proposed the use of a committee machines with a Support Vector Machines as the component classifier in order to boost the classification accuracy of multichannel uterine (EMG) signals. Kouta et al. [Kashiwagi, 2011] also proposed a classification system for four waist motions by constructing a strong multi-classifier using a

combination of four SVMs. SVM was also hybridized with particle swarm optimization (PSO) by Abdulhamit [Subasi, 2013] to improve the EMG signal classification accuracy.

There are other classification algorithms have been employed to classify EMG signal such as k-nearest neighbor [Fattah, 2012], extreme learning machine (ELM) [Sezgin, 2012], radial basis function neural networks [Diab, 2012], fuzzy logic and probabilistic neural network [George, 2012]. Support vector machines are also widely used in researches of mobile health applications based on artificial intelligent techniques. Alan [Michael, 2012] used SVM in developing a Smartphone based mobile medical application to discriminate between Parkinson's postural tremor and essential postural tremor based on the internal built-in accelerometer sensor of a Smartphone. Patrick et al [Kugler, 2013] proposed two applications they performed on their developed framework. The first application was a real-time classification of fatigue during running and the second is using EMG for the detection of Parkinson's disease during walking. In both applications they used SVM as the classifier. Edmond et al [Mitchell, 2013] presented a framework that allows for the automatic identification of sporting activities using commonly available Smartphone's based on their internal accelerometers sensors. They used DWT to extract features from sensor data and then those features have used as input to a SVM-based classifier.

The Support Vector Machine Classification Model for Electromyography Signal

Database Description

The proposed method in this study was tested on a dataset includes real single - channel EMG signals detected from normal, myopathic and neuropathic muscles using a standard concentric needle electrode during low and constant level of contractions [Nikolic, 2001]. The dataset consists of a normal control group, a group of patients with MYO and a group of patients with ALS. The control group consisted of 5 normal subjects aged 21 - 37 years, 2 females and 3 males. All of them were in general good shape. None in the control group had signs or history of neuromuscular disorders. The group with MYO consisted of 5 patients; 3 males and 2 females aged 26 - 63 years. All 5 had clinical and electrophysiological signs of myopathy¹⁵. The ALS group consisted of 5 patients, 3 males and 2 females, aged 35 - 67 years. Besides clinical and electrophysiological signs compatible with ALS, 3 of them died within a few years after onset of the disorder, supporting the diagnosis of ALS. Signals recorded from brachial biceps were selected to test our system as they were the most frequently investigated in the three groups. 15 datasets are utilized from the whole datasets. Each dataset contains a total of 262,134 samples of SEMG signal with a sampling rate of 23,438 samples per

second. Thus, the time duration of each of these datasets is 11.184 sec. Each dataset was subdivided into 64 distinct frames, each consisting of 4096 samples.

Features extraction approach

Wavelet transform is one of the more efficient techniques for processing non stationary signals such as biomedical signals (e.g. EMG). Wavelet transforms the signal into its time-frequency domains. There are two types of wavelet analysis, discrete wavelet transform (DWT) and continuous wavelet transform (CWT). Both of them consume low time for signal processing. CWT is more consistent, but DWT approved its efficiency in analyzing non stationary signals although it yields a high-dimensional feature vector. In our research, discrete wavelet transform (DWT) is used for analyzing EMG signal and extracting significant features which are very useful in identification of healthy, myopathic and neuropathic subjects.

Five features of EMG signal are taken into consideration in this research. Root Mean Square (RMS), Mean Absolute Value (MAV), Zero Crossing (ZC), Slope Sign Change (SSC) and Standard Deviation (SD). Each one of these features is used as input to the classification process which is the next phase after feature extraction process. CWT can be expressed by the following equation:

$$\psi(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

Where parameter a is the scale, b is the time location and $\psi(t)$ is the ‘mother wavelet’ which can be taken as a band - pass function. The factor $\sqrt{|a|}$ ensures energy preservation, which is the same for all values of a and b . The equation of DWT can be given by:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} d(k, l) 2^{\frac{k}{2}} \psi(2^{-k}t - l) \quad (2)$$

where $a = 2^k$, and $b = 2^k l$, and $d(k, l)$ is a sampling of $W(a, b)$ at discrete points k and l .

In this work Daubechies wavelet function of degree four (db4) was applied on each frame of the healthy, MYO and ALS subjects in training and testing data so that the next step is to extract time and time-frequency features from the resulted processed signal.

Successful classification system is mainly dependant on the efficiency of feature extraction stage. There are two approaches for extracting significant information from EMG signal. Those approaches are spectral and temporal approaches. This section presents the various set of time and time-frequency features we employed in our research.

(a) *Mean Absolute Value (MAV)*

Mean Absolute Value (MAV) is the average of the absolute value of all time samples. It can be represented by the following function:

$$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|, \quad \text{for } i = 1, \dots, I - 1 \quad (3)$$

The parameter N is the number of samples and I is the number of channels.

(b) *Standard Deviation (SD)*

Standard Deviation (SD) represents the deviation of the mean value around the origin axis of a given segment of signal. SD can be defined as

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \mu)^2} \quad (4)$$

where x_i is the signal, μ is the mean, N is the number of samples and σ is the standard deviation.

(c) *Root Mean Square (RMS)*

Root Mean Square is related to standard deviation and is used to calculate constant force and non - fatiguing contraction [Phinyomark, 2009]. It can be defined by:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} \quad (5)$$

(d) Zero Crossing (ZC)

Zero Crossing (ZC) counts the number of times that the EMG signal changed from positive to negative. A threshold condition should be considered to extract this feature from noisy SEMG signal. This feature provides an approximate estimation of frequency domain properties [Phinyomark, 2009]. It can be expressed by the following function:

$$ZC = \sum_{n=1}^{N-1} [sgn(x_n \times x_{n+1}) \cap |x_n - x_{n+1}| \geq t], \quad (6)$$

$$sgn(x) \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

t represents the threshold parameter.

(e) Slope Sign Changes (SSC)

Slope Sign Changes (SSC) is similar to ZC. It represents the number of slope changes between positive and negative among three consecutive segments of the signal [Phinyomark, 2009]. It also requires a threshold condition to avoid the interference in SEMG signal. SSC can be defined by

$$SSC = \sum_{n=2}^{N-1} [f[(x_n - x_{n-1}) \times (x_n - x_{n+1})]], \quad (7)$$

$$f(x) \begin{cases} 1, & \text{if } x \geq t \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

where t is the threshold parameter.

Signal Classification

Various classification techniques have been proposed by many researchers. SVM is a powerful learning method which aims to find the best the best hyper plane that can separate data perfectly into its two classes. Multi-classification was recently achieved by combining multiple SVMs. There are two schemes of SVM multi-classifier: (a) One Against All which classify each class against remaining classes and (b) One Against One which classify between each two classes. In our research, One Against All SVM classifier with Gaussian radial basis kernel function (RBF) and sigma equal 1 was

used in identification of ALS subjects against myopathy and healthy subjects. RBF used in selected SVM can be represented as

$$K(x_a, x_b) = \exp\left(-\frac{\|x_a - x_b\|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (8)$$

The results shown in Table 1 indicate the performance of applying SVM for each group and with different set of features.

Table 1. SVM Classification Table

Disorder/Feature	MAV	RMS	SSC	SD	ZC	MAV,RMS,SSC,SD,ZC
ALS	94.9%	98%	67.6%	97.8%	77%	92.7%

As shown in Table 1, the higher accuracy for ALS classifiers was obtained by using RMS feature as input to the SVM with accuracy 98%.

EMGNeu: Mobile-Health application

EMGNeu application includes an intelligent remote diagnosis technique for m-Health Application in neuromuscular disorders. This will focus on new trends of integrating artificial intelligence methodologies as SVM into mobile telemedicine solutions. This application will display EMG signal through the mobile device which will process this signal, alerts patient and sends urgent events to the responsible physician as shown in Figure 1.

Signal Processing and Classification Implementation

All signal processing phases such as signal analysis, feature extraction and signal classification were at first implemented on MatLab 2013a using wavelet toolbox, statistics toolbox and SVM and then the MatLab code was translated into C# to be implemented on windows phone OS 7.1 and the application was tested on windows phone emulator. For signal classification phase, RMS feature was extracted and used as input feature to SVM classifier with RBF kernel function. As shown in Table 1, this classifier approved its efficiency in classifying EMG signal with an accuracy of 98%.



Figure 1. Proposed application architecture for patient emergency

Application Modules

(a) Profile and Settings Module

This module will be for both patient and physician. The module will be responsible for the application user profile and settings. The user selects whether he is patient or physician. If the user is the patient then he is enabled to select his application settings such as displaying an alert directly after ALS disorder diagnosis, sending messages and emails automatically after the disease is diagnosed. Figure 2 shows a screenshot of profile and settings module.

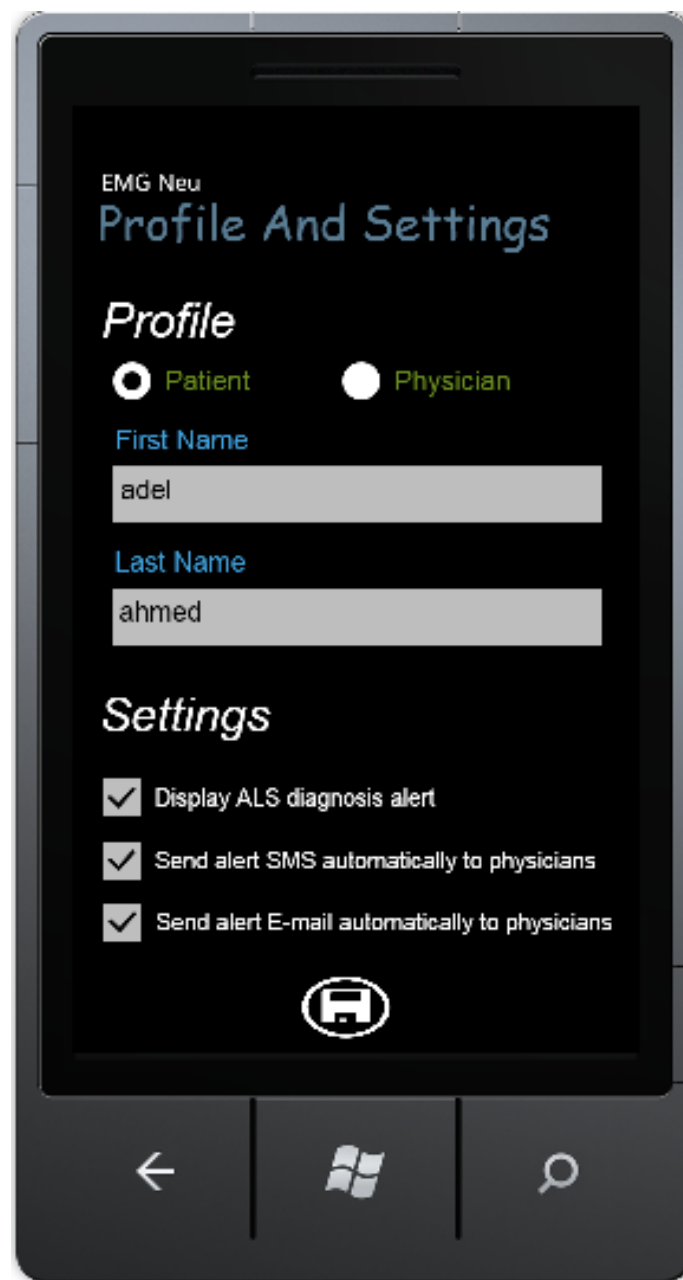


Figure 2. Profile and Settings Module Screenshot

(b) Physician and Patient data module

This module is for both the patient and the physician. Through this module, the patient can save his physician communication data in the application so that the application can send alert to the physician according to his data. Also the physician can save his patient communication data in the application so that the physician can send recommendations to the patient through the application according to this data. As a feature, the patient can call his physician and the physician can call his patient through this module. Figure 3 shows screenshots of physician and patient data module.



Figure 3. Physician and Patient data module Screenshots

(c) Signal Displaying and Alert Module

This module is for the patient and it is the main module in the application. It will be responsible for displaying real-time EMG signal of the patient so that the patient will be able to track his own neuromuscular condition based on EMG signal. This module is also responsible for EMG signal analysis, features extraction and signal classification phases. As a result from the classification phase, if ALS disorder has been detected from the displayed signal the patient will be informed with an alert, and a message and an email will be sent to his physician according to the physician data saved in physician data module. The alert will be displayed and message and email will be sent to the physician according to the patient settings. Screenshots of this module are shown in Figure 4.

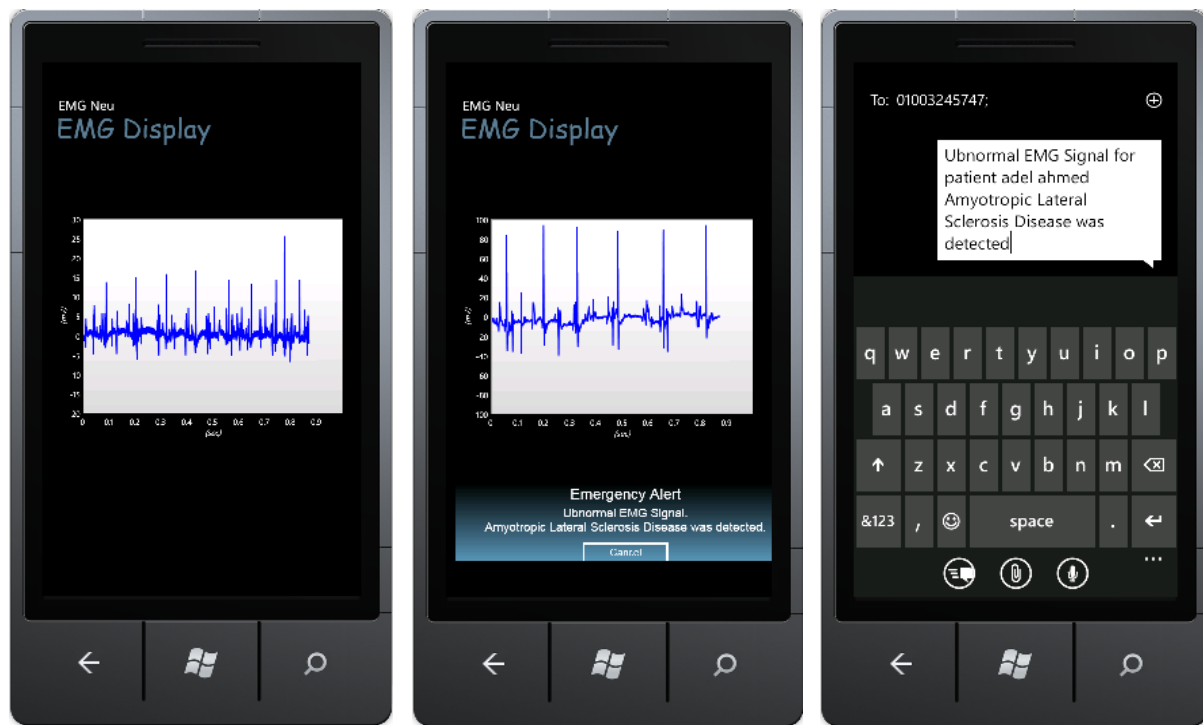


Figure 4. Signal Display and Alert Module Screenshots

(d) Sending Recommendations Module

This module is for the physician. After the physician receives the alert message or email that tells him that the application has detected ALS disorder from the EMG signal of his patient, he may certainly need to send recommendations to the patient to help him monitoring his disease until he could visit and check him. This module enables the physician to send recommendations through a message or an email to his patient according to patient communication data saved in the application. Figure 5 shows screenshots of this module.

Conclusion

Amyotrophic lateral sclerosis is one of the most common neuromuscular disorders worldwide. It is a progressive motor neuron disease which in a later stage its patients may become totally paralyzed. As a result, the patients always need to track their health conditions and response to any emergency events as soon as possible. EMGNeu mobile health application developed in this research will enable patients to track and monitor their neuromuscular conditions based on EMG signal. The application is consisted of four modules: profile and settings module, patient and physician data module, signal displaying and alert module and sending recommendations module. The main and the most important module in the application is signal displaying and alert module. In this module patient EMG signal is displayed and ALS disorder is detected from the signal. ALS detection system was developed through

three phases. At first the signal is analyzed using discrete wavelet transform. Then, RMS feature is extracted from the analyzed signal and used as input feature to the classifier. Finally, SVM classifier with RBF kernel function is used in classifying the signal and detecting ALS disease. If ALS was detected from the signal, this module displays an alert to patient and sends another to the responsible physician. The used SVM classifier approved its efficiency in ALS diagnosis with a high accuracy of 98%.

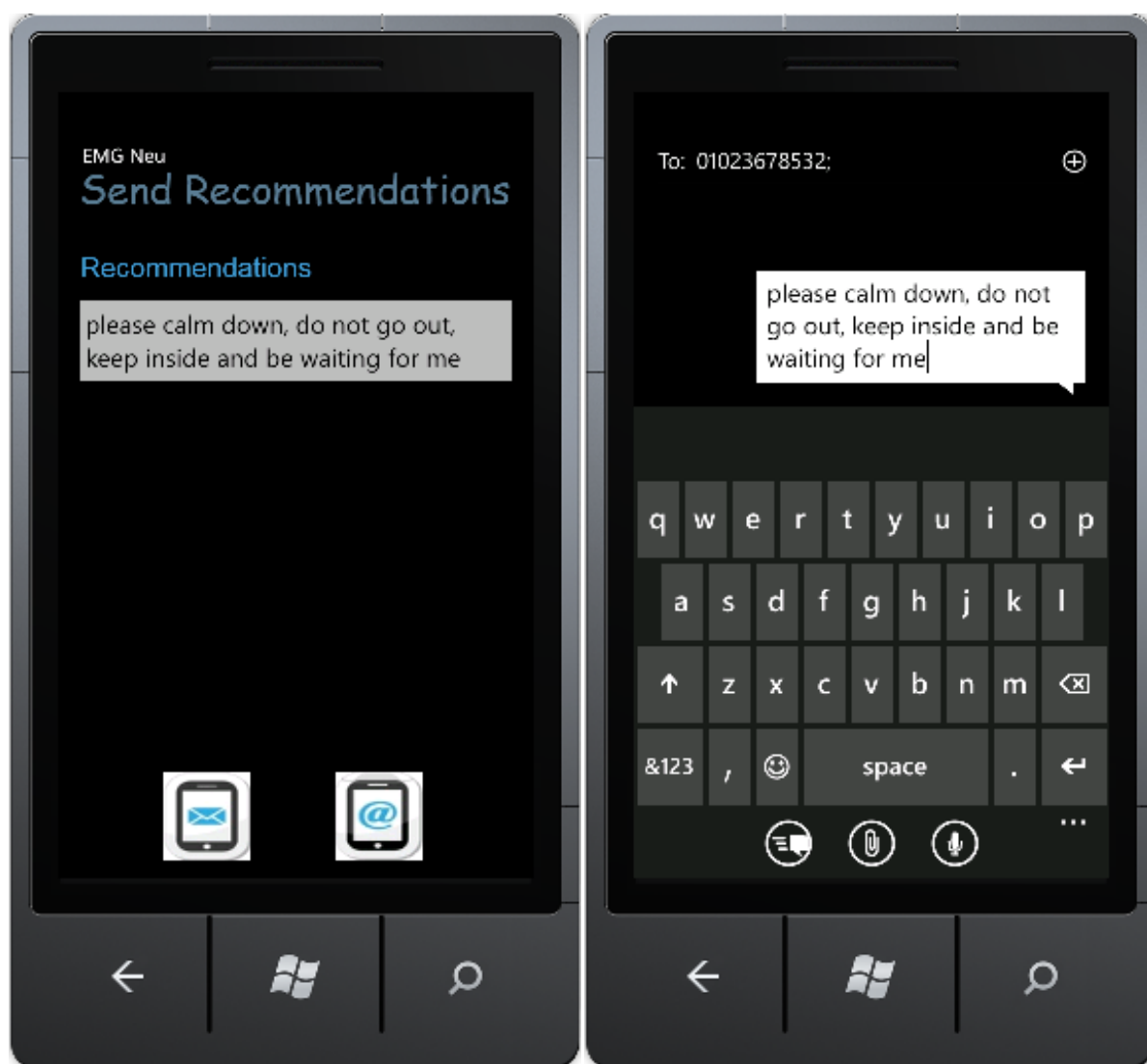


Figure 5. Send Recommendations Module Screenshots

Bibliography

- [Diab, 2012] Mohamad O. Diab. Classification of Uterine EMG Signals by Using Normalized Wavelet Packet Energy. M. O. Diab and B. Moslem. In: IEEE, 2012, pp 335-338.
- [Fattah, 2012] S. A. Fattah. Evaluation of Different Time and Frequency Domain Features of Motor Neuron and Musculoskeletal Diseases. S. A. Fattah and Md. Asif Iqbal. In: International Journal of Computer Applications, Vol.43, April 2012, pp 34-40.
- [Fattah, 2012] S. A. Fattah. Identifying the Motor Neuron Disease in EMG Signal using Time and Frequency Domain Features with Comparison. S. A. Fattah and Md. Asif Iqbal. In: Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ), Vol.3, April 2012, pp 99-114.
- [George, 2012] Shalu George K. Fuzzy Logic and Probabilistic Neural Network for EMG Classification – A Comparative Study. Shalu George K and K S Sivanandan. In: International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol.1, July 2012, pp 1-7.
- [Kashiwagi, 2011] Kouta Kashiwagi. Discrimination of Waist Motions Based on Surface EMG for Waist Power Assist Suit Using Support Vector Machine. Kouta Kashiwagi and T. Nakakuki. In: 50th IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), Dec 2011, pp 3204-3209.
- [Kaur, 2009] Gurmanik Kaur. Multi-Class Support Vector Machine Classifier in EMG Diagnosis. Gurmanik Kaur and A. S. Arora. In: WSEAS Transactions on Signal Processing, Vol.5, Dec 2009, pp 379-389.
- [Kugler, 2013] Patrick Kugler. Mobile EMG Analysis with Applications in Sport and Medicine. Patrick Kugler, Samuel Reinfelder, Johannes Schlachetzki and Bjoern M. Eskofier. In: Proceedings of the 1st Biomedical Signal Analysis, Rio de Janeiro, October 2013.
- [Michael, 2012] Alan Michael. Differentiation of Parkinson's Tremor from Essential Tremor using Action Tremor Analysis. Master Thesis, University of Otago, Dunedin, New Zealand, 2012.
- [Mitchell, 2013] Edmond Mitchell. Classification of Sporting Activities Using Smartphone Accelerometers. Edmond Mitchell, David Monaghan and Noel E. O'Connor. In: Journal of Sensors, Vol. 13, 2013, pp 5317-5337.
- [Moslem, 2011] Bassam Moslem. Combining Multiple Support Vector Machines for Boosting the Classification Accuracy of Uterine EMG Signals. Bassam Moslem and M. Khalil. In: IEEE, 2011, pp 631-634.
- [Nikolic, 2001] Nikolic M. Detailed Analysis of Clinical Electromyography Signals EMG Decomposition, Findings and Firing Pattern Analysis in Controls and Patients with Myopathy and Amyotrophic Lateral Sclerosis. PhD Thesis, Faculty of Health Science, University of Copenhagen, 2001 (The data are available as dataset N2001 at <http://www.emglab.net>)
- [Pasinelli, 2006] Piera Pasinelli. Molecular biology of amyotrophic lateral sclerosis: insights from genetics. Piera Pasinelli and Robert H. Brown. In: Nature Reviews: NeuroScience, Vol. 7, 2006, pp. 710-723.
- [Phinyomark, 2009] A. Phinyomark. A Novel Feature Extraction for Robust EMG Pattern Recognition. A. Phinyomark and C. Limsakul. In: Journal of Computing, Vol.1, Dec 2009, pp 71-80.

[Sezgin, 2012] Necmettin Sezgin. Analysis of EMG Signals in Aggressive and Normal Activities by Using Higher-Order Spectra. In: The Scientific World Journal, Vol.2012, pp 1-5.

[Subasi, 2013] Abdulhamit Subasi. Classification of EMG signals using PSO optimized SVM for diagnosis of neuromuscular disorders. In: Journal of Computers in Biology and Medicine, Vol.43, 2013, pp 576-586.

[World Health Organization, 2015] Available at: <http://www.who.int/topics/ehealth/en/> (Access Date: February 2, 2015)

Authors' Information



Nahla F. Abdel-Maboud – Researcher, Computer Science Department, Faculty of Computer and Information Sciences, Ain shams University, Cairo, Egypt; e-mail: nahlafarid@yahoo.com

Major Fields of Scientific Research: Bioinformatics and e-Health, Medical Informatics



Bassant Mohamed ELBagoury –Lecturer, Computer Science Department, Faculty of Computer and Information Sciences, Ain shams University, Cairo, Egypt; e-mail: bassantai@yahoo.com

Major Fields of Scientific Research: Robotics, Bioinformatics and e-Health, Medical Informatics, Expert Systems, Medical Informatics



Mohamed Roushdy – Professor, Computer Science Department, Faculty of Computer and Information Sciences, Ain Shams University, Cairo, Egypt; e-mail: mroushdy@cis.asu.edu.eg

Major Fields of Scientific Research: Bio-informatics and e-Health, Image Processing and Pattern Recognition, Expert Systems, Medical Informatics



Abdel-Badeeh M. Salem – Professor, Computer Science Department, Faculty of Computer and Information Sciences, Ain Shams University, Cairo, Egypt; e-mail: absalem@cis.asu.edu.eg

Major Fields of Scientific Research: Medical Data Mining and Expert Systems, Medical Informatics, Bio-informatics and e-Health, Intelligent e-Learning, Knowledge Engineering

AGENT-BASED MODEL OF ECONOMICS: MARKET MECHANISMS, DECISION MAKING, TAXATION

Leonid Hulianytskyi, Diana Omelianchyk

Abstract: *This paper describes the elaborated agent-based model of functioning of economics. We also include different ways of implementation of main structural components of the model (economic agents) and methods of their interaction (market mechanisms). The procedures of making production decisions by agents are being of particular attention to us. The final part of this article presents results of the computational experiment designed to analyze dynamics of tax revenues depending on the tax rate value.*

Keywords: *mathematical modeling; agent-based modeling; intelligent agents; mathematical economics; tax rates.*

ACM Classification Keywords: *H.4.2 Information Systems Applications: Types of Systems: Decision Support, I.2.11 Computing technologies: Artificial intelligence: Distributed artificial intelligence: Multiagent systems, I.6.5 Computing Methodologies: Simulation and modeling: Model development, J.4 Computer applications: Socio and behavioral sciences: Economics.*

Introduction

Traditional economic theory showed its inability to discover preconditions of the global crises in time. Therefore, the need of qualitatively new approaches to the economic system modeling was established. Agent-based modeling is one of the most modern techniques of mathematical modeling. The main idea of this approach is in conception of economics as the complex adaptive system whose behavior is defined by multiple interactions between autonomous heterogeneous economic agents that feature various behavior patterns and ability to learn.

Using mathematical methods, researchers of agent-based models (ABM) are able to create computer simulations of the real world, where they gain an opportunity to explore consequences of different scenarios, forecast evolution of economic systems or analyze cause-effect relations between variables.

The goal of this paper is to present the elaborated ABM of functioning of economics and formalize main stages of its construction, as well as market mechanisms and decision making processes. We illustrate

performance of our ABM with computational experiment on analyzing dependence between tax revenues and changes of tax rate values.

General structure of ABM of economics functioning

Agent-based approach to economic system modeling enables creating computational models with numerous degrees of freedom and extraordinary flexibility. In fact, a real tool of the modeler would be a model constructor, i.e. an opportunity to modify a particular implementation of the model without changing its structure and compare results. Proposed ABM of economics functioning [Hulianytskyi, 2014] is also a family of models with homogeneous structure and alternative implementations of the independent components.

Our model contains three types of active agents: raw materials producers, consumption good producers and households. They interact indirectly, via special mediator entities – market of raw materials, consumption good market and labor market.

Each iteration of the model consists of the following structural action blocks, which are performed in the presented order:

- Interaction between producers and households on the labor market;
- Production of raw materials;
- Pricing of raw materials;
- Interaction between raw materials producers and consumption good producers on the raw materials market;
- Production of consumption goods;
- Price formation of consumption goods;
- Determination of consumption budget;
- Interaction between consumption good producers and households on the consumption good market;
- Taxation;
- Decision making by firms.

Each structural block can be implemented in different ways, depending on the goals of the research, and independently from implementation of other blocks. Below, we present the key aspects of implementation of the specified blocks in the proposed ABM and we also briefly note alternative approaches that will be implemented in future.

Market mechanisms in the model

Labor market. Labor market describes labor demand from firms. Firm's request for vacancy filling includes the needed number of workers and suggested wage. Labor market is populated by unemployed households and by workers unsatisfied with their salary. Labor market interaction between firms and households is implemented using modified version of the matching algorithm proposed in [Dawid, 2009]:

- Firms post vacancies at the labor market;
- Unemployed households and households unsatisfied with their current salary consider opened vacancies and apply for interesting jobs;
- Firms receive applications and send invitations to selected households. The number of such invitations cannot exceed the number of lacking workers;
- Households consider received invitations and choose the most profitable option in sense of wage;
- Firms update their information in correspondence with decisions of households.

Matching cycle is performed twice and then is aborted even if firms could not fill all opened vacancies.

Note that in this model, labor market is common for raw materials and consumption good producers.

Consumption good market. Consumption good market interaction takes place exclusively between consumption good producers and households. We assume that firms are able to produce only one kind of consumption good, which is also homogeneous, i.e. goods differ only by their price. Produced consumption good are sent to the consumption good market, where households could buy them. Good offer consists of unit price and available amount of consumption good.

Household's need in consumption good can be measured in conventional monetary or natural units. In our ABM, household's need is estimated via consumption budget that is used to buy goods.

On the consumption good market, household selects one of the offers randomly with probability of selecting an offer being inversely proportional to its price. Therefore, if we denote the value of good to the household by $v(p) = -\ln p$, where p is the price, then a probability $prob_j$ to select good of firm j is given by the formula [Deissenberg, 2008]:

$$prob_j = \frac{Exp[v(p_j)]}{\sum_i Exp[v(p_i)]}.$$

If there is not enough of selected good on the market, i.e. after purchase household still has some money designated for consumption, then it selects next offer and tries to spend the rest of the budget

on the purchase. This process is repeated until the consumption budget is totally spent, or there are no more offers on the market.

Note that the presence or absence of assumption about infinite divisibility of good is extremely important to the model specification. In the latter case, household can find itself in situation when it cannot use non-zero consumption budget on purchase of good because prices are too high. This can significantly affect the profit of firms and correspondingly their decisions.

Raw materials market. The main idea of modeling raw materials market is the same as for consumption good market described above. However, in this case interaction takes place exclusively between consumption good producers and raw materials producers. Consumption budget is represented by assets allocated for raw materials purchase during decision making process.

Production processes

Production activity of firms is defined by its production function, which associates available capital and labor with the quantity of output. In the developed ABM we assume that productive capacities of the firm are not exposed to significant changes during the observable period. Therefore, only labor is relevant to the production process, i.e. the quantity of output Y is expressed by formula

$$Y = \alpha L ,$$

where α – productivity of labor, L – actual number of workers.

Well-known production functions of Cobb-Douglas or CES (with constant elasticity of substitution) could be used as alternative production functions in the proposed ABM.

On the other hand, the quantity of output of consumption good is limited by the availability of appropriate amount of raw materials. Thus, if we denote need in raw materials to produce a unit of consumption good with β and with raw – available amount of raw materials, then the quantity of output of consumer good Y can be defined with expression

$$Y = raw/\beta .$$

Decision making by agents

Pricing. The price of good is one of the main control parameters of firms, i.e. by changing price producer can directly affect the reaction of the environment. In the developed ABM we use the approach from [Nagle, 1987], according to which price is defined via interrelation between the cost of

unit production and elasticity of demand. Therefore, raw materials producers can compute the unit price of raw materials p_{raw} using expression

$$p_{raw} = \frac{w_{raw}}{\alpha_{raw} (1 + 1/\varepsilon_{raw})},$$

where w_{raw} – proposed wage, α_{raw} – productivity of labor, ε_{raw} – elasticity of demand of firm's good.

In turn, producers of consumption good need to include the cost of raw materials in their price. Appropriate formula for price computation is

$$p_{cons} = \frac{\beta \cdot (w_{cons} \cdot L + raw)}{raw \cdot (1 + 1/\varepsilon_{cons})},$$

where w_{cons} – proposed wage, ε_{cons} – elasticity of demand of firm's good.

Consumption budget. Life cycle of households in the model includes consumption of goods produced by firms. In the existing implementation of the ABM, household's needs are estimated with consumption budget B_{T+1} . Hereby previous income, received by the household in earlier periods, is taken into account implicitly, using average level of income. Therefore, the final formula for consumption budget is expressed with

$$B_{T+1} = \begin{cases} \bar{I}, & \text{if } I_{T+1} \geq \bar{I}, \\ \bar{I} - I_{T+1}, & \text{otherwise,} \end{cases}$$

where $\bar{I} = \sum_{t=1}^T I_t / T$ – average income of the household over the observed period, I_{T+1} – household income at the time moment $T + 1$, which is determined by wage if the household is employed, or by unemployment benefit otherwise.

Alternatively, household's needs may be measured with utility function.

Decision making by firms. In each iteration, firms-producers should make a decision about proposed wage and desired number of workers. In this version of the ABM we suggest doing this by determining budget (financial) constraints on raw materials purchase and wage payments as shares of profit [Ballot, 1999].

Producers of raw materials spend their financial assets exclusively on provision of the wage fund *money_{salary}*:

$$money_{salary} = \begin{cases} 0,5\pi, \text{ if } (sold > 0) \wedge (\pi > 0), \\ 0,5|\pi|, \text{ if } (sold > 0), \\ 0,3 \cdot money, \text{ otherwise,} \end{cases}$$

where π – received profit, $money$ – total current financial assets of firm.

Producers of consumption good distribute their funds between wage payments $money_{salary}$ and raw materials purchase $money_{raw}$:

$$money_{salary} = \begin{cases} 0,3\pi, \text{ if } (sold > 0) \wedge (\pi > 0), \\ 0,3|\pi|, \text{ if } (sold > 0), \\ 0,2 \cdot money, \text{ otherwise,} \end{cases} \quad money_{raw} = \begin{cases} 0,3\pi, \text{ if } (sold > 0) \wedge (\pi > 0), \\ 0,3|\pi|, \text{ if } (sold > 0), \\ 0,2 \cdot money, \text{ otherwise.} \end{cases}$$

After evaluation of budget constraints, firms can directly determine values of the main control parameters that are used to interact with the environment. Thus, to determine the number of desired workers, firms estimate the required amount of production via measuring level of demand for good. To do so, we use one of the intuitive approaches to learning, which says that future repeats a trend from the past. Therefore, the desired number of workers L_T can be expressed by

$$L_T = \frac{\xi \cdot \hat{Y}_T + (1 - \xi) \cdot \sum_{k=T-t}^{T-1} \hat{Y}_k / t}{\alpha},$$

where \hat{Y}_k – firm sales at the time moment k , t – interval of smoothing, ξ – smoothing coefficient.

Sales time series is smoothed in order to avoid excessive oscillations of production plan. Therefore, firms could be inert in adjusting sales volumes to real needs of buyers.

Wage w in this case is determined, knowing suggested amount of wage payments:

$$w = \frac{money_{salary}}{L_t}.$$

Computational experiment

In this stage of the ABM development, we consider solely profit tax [Omelianchyk, 2013], which is collected from firms that had received profit in the current period. The general scheme of taxation is presented below:

$$money_{tax} = \begin{cases} tax \cdot \pi, \text{ if } \pi > 0, \\ 0, \text{ otherwise,} \end{cases}$$

where $money_{tax}$ – collected profit tax, tax – profit tax rate.

Note that in this ABM an individual entity like state budget, where tax revenues are handled and accumulated, is not modeled. The computation of the total amount of tax revenues is conducted on each individual iteration of the model run and is not extended to other periods.

To illustrate capabilities of the developed ABM, we suggest a computational experiment that helps us to find an answer to the following question: How do tax revenues change depending on the tax rate?

Assume that firms need some time to adapt to the conditions of the environment, which include availability of workforce, demand and tax rate. We consider two options: fixed tax rate is either increased or decreased by the same value. Computational experiment is used to analyze observed dynamics of tax revenues in this case.

Initial conditions are defined as follows: $f_{raw} = 2, f_{cons} = 3, h = 500, money_{salary} = 500, money_{raw} = 300, L_0 = 50, \alpha_{raw} = 20, \alpha_{cons} = 5, \beta = 4, \varepsilon = -1.5, money_0^f = money_0^h = 1000$, where f_{raw} – number of raw materials producers, f_{cons} – number of consumption goods producers, h – number of households, w_0 – initial wage, L_0 – initial desired number of workers, α_{raw} – productivity of labor while producing raw materials, α_{cons} – productivity of labor while producing consumption goods, β – amount of raw materials, required to produce a unit of consumption good, ε – elasticity of demand, $money_0^f$ и $money_0^h$ – initial financial assets of firms and households correspondingly.

Figure1 below shows dynamics of tax revenues when tax rate has been altered from 10% of profit to (1) 5% and (2) 15% correspondingly.

Therefore, we can assert that tax rate increase really causes growth of tax revenues during initial periods. However, decrease of tax rate enables firms to have larger financial assets, which they can use for further investments in production. Thus, in the long-term perspective tax revenues with decreased tax rate begin to exceed the ones with increased tax rate. However, we should take into account that both increase and decrease of tax rates makes sense only to some threshold value. The problem of finding this value, as well as optimal tax rate, remains the subject of our further research.

Conclusion

This article describes the elaborated ABM of economics functioning. On the first stage of creating of this model, the purpose was to establish mechanisms of interaction between main economic agents, firms and households, on the markets of raw materials, consumption goods and labor. The procedures of making production decisions were of great interest to us as well. The second stage was dedicated to the analysis of adequacy of various intelligent agents learning algorithms for appropriate modeling of

firm behavior and comparison of their results. In future, we plan to extend capabilities of the model by introducing new types of agents (bank, government, and external market), new mechanisms of interaction (bank loans, openings of deposits) and new subsystems of national economics (region, field).

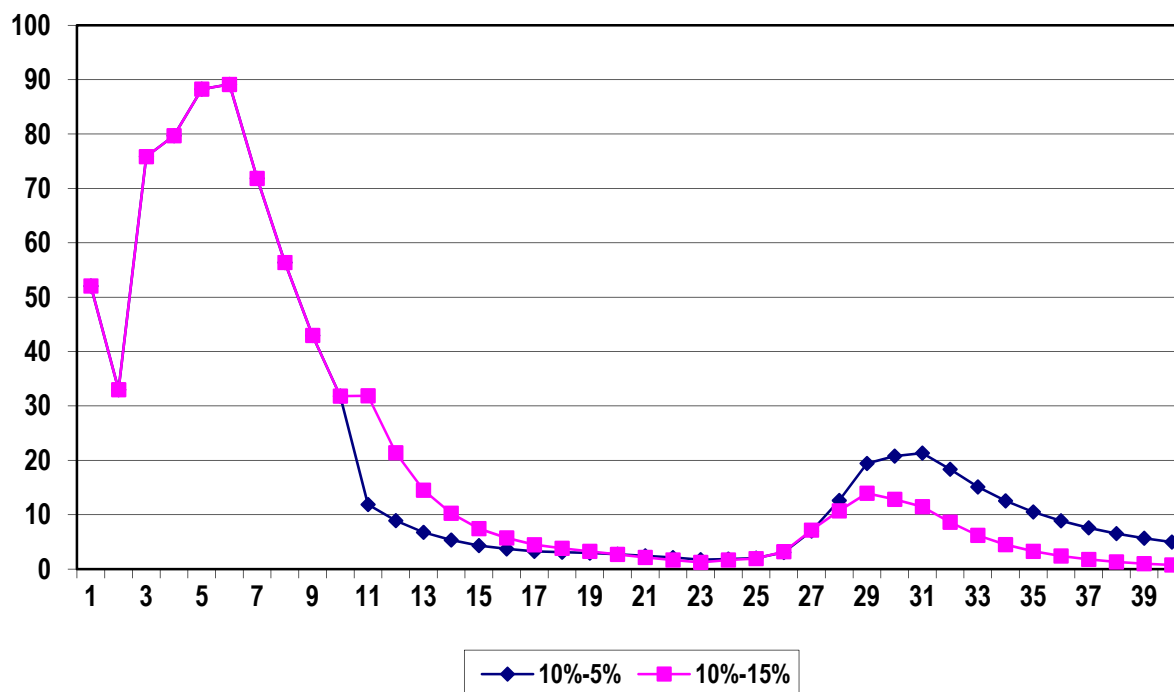


Figure 1. Tax revenues changes in correspondence with tax rate change

Acknowledgments

The paper is published with partial support by the project ITHEA XXI of the ITHEA ISS (www.ithea.org) and the ADUIS (www.aduis.com.ua).

Bibliography

- [Ballot, 1999] Ballot G., Taymaz E. Technological change, learning and macro-economic coordination: An evolutionary mode // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 1999. – N 2(2). URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/2/2/3.html>
- [Dawid, 2009] Dawid H., Gemkow S., Harting P., Neugart M. On the effects of skill upgrading in the presence of spatial labor market frictions: An agent-based analysis of spatial policy design // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – N 12 (4).

[Deissenberg, 2008] Deissenberg C., van der Hoog S., Dawid H. EURACE: A massively parallel agent-based model of the European economy // Applied Mathematics and Computation. – 2008. – N 204(2). – P.541–552.

[Hulianytskyi, 2014] Гуляницький Л.Ф., Омелянчик Д.А. Разработка и исследование базовой агентно-ориентированной модели функционирования экономики // Компьютерная математика. – № 1. – 2014. – С. 26-36.

[Nagle, 1987] Nagle T. Strategy and Tactics of Pricing. – Prentice Hall. – 1987.

[Omelianchuk, 2013] Омелянчик Д.А. Дослідження оптимальної податкової ставки в агентно-орієнтованій моделі економіки // Сучасні проблеми моделювання соціально-економічних систем. Матеріали V Міжн. науково-практичної конф. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2013. – С. 314-317.

Authors' Information



Leonid Hulianytskyi – *Dr.Sc. (Engineering), Head of department of Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Professor of NTUU “KPI” (Kyiv), e-mail: leonhul.icyb@gmail.com*

Major fields of scientific research: combinatorial optimization; decision making; mathematical modeling and applications.



Diana Omelianchyk – *PhD student at Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine (Kyiv), e-mail: omelyanchikd@gmail.com.*

Major fields of scientific research: mathematical modeling; agent-based modeling; artificial intelligence; combinatorial optimization; mathematical economics.

KNOWLEDGE REPRESENTATION IN THE AUTOMATED LEARNING SYSTEMS

Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska

Abstract: *The role of knowledge representation in IIS is considered in current article. Features of interaction of different categories of users in the learning process are presented. Methods of knowledge formalization have been analyzed. Features and advantages of usage of tools based on UML for knowledge representation are identified.*

Keywords: *knowledge representation, intelligent learning system, subject domain, reference model, UML, formalized form.*

ACM Classification Keywords: *I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods*

Introduction

To archive the high level in modern cultural, social, economic, scientific and technological development Ukraine requires comprehensively developed, professionally trained specialists. That is the reason why the problem of development and practical implementation of the most effective information technologies of studying, which are corresponding to the general concept of education, is becoming increasingly relevant. The essence of this concept is to prepare the individual, who has not only basic knowledge, sufficient for the requirements of the current level of production, science, culture and the state, but who also has the ability to actively creative professional and social activities. An important role is given to the new software and technological tools of individualization of learning process [Kazymyr, 2013].

Each of the directions of the development of information technologies for learning is based on the methodological and theoretical principles and has inherent advantages and disadvantages in the solution of different problems in the organization of the knowledge acquiring process.

From the beginning the development and usage of learning computer technologies in terms of methodology has been developed in two directions.

The first direction is based on the idea of programmed learning [Джордж, 1984].

Automated learning systems (ALS) for various academic disciplines are developed and operated as the key element of the current direction. The core of the ALS is the author's systems that allow teacher (developer) to enter his course materials in the database and to program algorithms of its study by using of special author's languages or other means.

The second direction of implementation of computer technology in learning is closely associated with the processes of informatization of various branches of human activity.

Learning computer programs, software packages, elements of automated systems designed to automate the time-consuming calculations, optimization, investigation of the properties of objects and processes based on mathematical models etc. has been developed in this direction.

Features of the functioning of IIS

Since the beginning of the 1980s new trend in the computerization of education called intelligent learning system (IIS) was rapidly developed. IIS is based on works in the area of artificial intelligence [Холдинг, 1991].

Among the variety of learning software only one class of such systems – IIS - provides the flexibility of learning. Knowledge models are used as the basic element of IIS. Knowledge models can be divided to the following varieties:

- knowledge about the subject domain of the course, considered as a reference model;
- knowledge about the subject domain of the course, formed in the learner representation;
- knowledge about the learning process.

The characteristic feature of IIS is the presence of specific user category - knowledge engineer. Knowledge engineer is a specialist, which main task is formalization of knowledge, design of knowledge base and filling it with knowledge about the subject domain of the course.

In the IIS it is necessary to represent the knowledge not only in text and graphic form, but also in a formalized form - that is the responsibility of knowledge engineer. Together with the standard categories of users - the learner, tutor, expert - knowledge engineer forms a complete set of IIS users.

The interaction of different types of users in the learning process is presented below (Fig. 1.).

The main function of the expert in the subject domain is to prepare the course about the subject domain i.e.:

- selection of materials necessary to study;
- representation of knowledge in text form;
- development of accompanying illustrative materials;
- design of tables, graphs, and other supporting materials.

Structured text and graphic materials of course (table of contents, alphabetical terminological pointers, etc.) are stored in a database. The knowledge engineer extracts them from database and formalizes the knowledge about the subject domain, namely he prepares reference model of subject domain. Actually, the knowledge engineer performs following functions:

- designs the model of knowledge base fragment based on structured text and graphic materials of the course;
- determines matches of text and graphic material with a formalized kind of knowledge;
- generates a set of formalized questions for the course section based on the subject domain of the section;
- creates a reference model of subject domain;
- verification of the subject domain.

After this tutor determines the strategy of learning and sequence of work with partitions, based on the text and graphic information obtained from the database. Also he provides the learner a portion of text and graphic material of learning courses and conducts follow-up testing after studying of learning material.

It is assumed that the learning course is divided into a number of fragments - portions.

The main task of the learner is to read the portion of text and graphic material of the course, which was given by tutor, and answer a set of questions on it. Portion of the course, which were presented to learner to study, can be restructured using correct answers on the testing.

After reading the portions learner gets a set of testing questions, which he can answer selecting one of the proposed options. That is the way to form subject domain of knowledge about the course, formed in representations of learner.

Next, the reference subject domain model and subject domain model formed in learner representations is compared, and the mismatch of Δ of these subject domains is determined. On the basis of Δ a set of links to re-study of the text of learning material is constructed, and a set of questions to be asked a learner after re-study of the course is formed. These steps are repeated while condition $\Delta \leq \rho$ on the fragment is reached, where ρ - threshold value of number of unstudied elements of subject domain.

To the tasks of knowledge engineer is added next: generation of questions to test knowledge about unstudied material of fragment, generation of links to the re-learning of the text fragment.

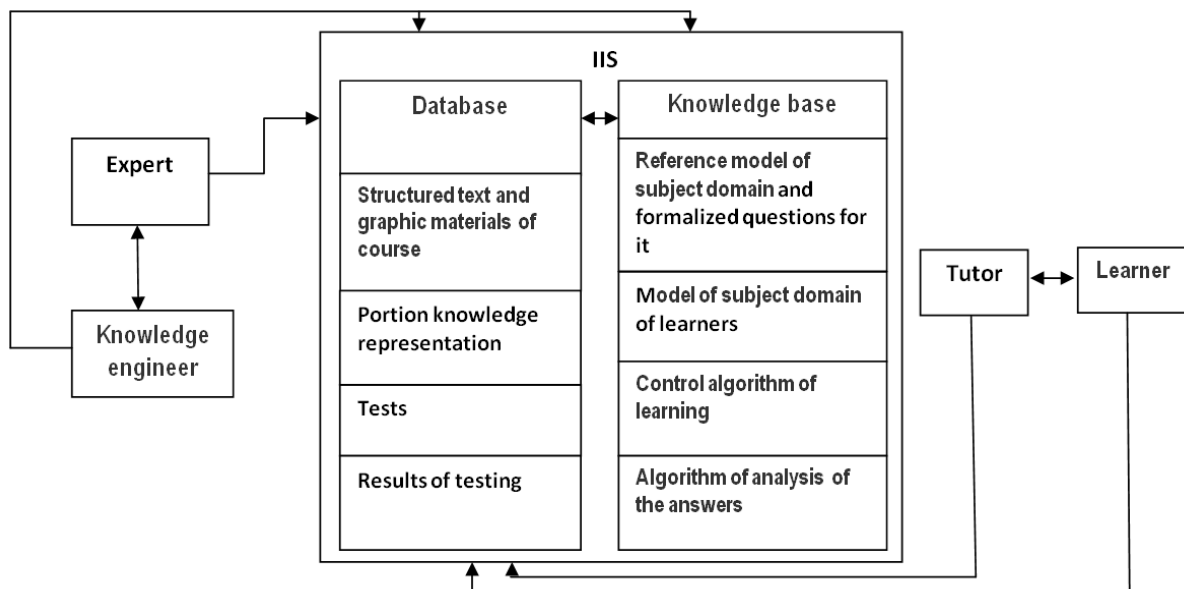


Fig. 1. The interaction of different types of users in the learning process

Considering the interaction of all categories of users of IIS, it becomes clear that a formalized subject domain model of the course is stored in the knowledge base, and if it is necessary, is used to create

flexible learning scenarios, depending on the level of learner knowledge in current section. Also there is formalized correspondence between text and graphics representation and formalized representation of the course, the reference domain model, and formalized learner models, created based on the test results about fragment of subject domain of the course in the knowledge base. Also there are control algorithm of learning, algorithm of analysis of the answers, which contains the formalized questions about a fragment (portion) of subject domain, generated tests of the unstudied material of fragment and generated link to the re-learning of the text fragment.

The algorithms, presented below, are not considered in this article. At the initial stage of development of IIS the main task is to develop a domain model, so the main question is to select form of representation of formalized knowledge.

Formalized domain model gives own structure of course, independent of the subjectivity of domain experts. On the basis of these elements there is a possibility to construct the system of tests and to re-create a formalized subject domain model for learner, which can be different from the reference subject domain.

Standard methods of knowledge representation

As it can be seen from Fig.1, almost all blocks of learning system work with knowledge. Therefore it is necessary to analyze the object of research more detailed.

There is a wide range of methods of knowledge representation [Уэно, 1989]:

- logical methods;
- semantic networks;
- frames;
- production systems.

Logical methods. The main idea of the approach of the construction of logical models of knowledge representation is that all the information required for solution of applied tasks, is considered as a collection of facts and statements, which are presented as formulas of some logic. Knowledge is represented as a collection of such formulas, and obtaining of new knowledge is reduced to the implementation of procedures of logical inference. The concept of a formal theory is the basis of logical models of knowledge representation and is determined by cortege, $S = \langle B, F, A, R \rangle$, where B - a countable set of basic symbols (alphabet), F - set, which is called the formula, A - selected subset of a priori true formulas (axioms), R - a finite set of relations between formulas, called rules of inference.

Semantic networks. Model of knowledge representation using semantic networks consists of vertices, called nodes, corresponding objects, concepts or events, and arcs that link them and describe relationships between objects that are considered [Скрягг, 1983]. Arcs can be determined by different methods. Usually arcs type «IS-A» (relationship «is») and «HAS-PART» (relationship «has part of») are used to represent the hierarchy. They also create an inheritance hierarchy in the network. It means that the elements of the lower layer in network can inherit the properties of elements of higher level. It saves memory, because information about inheritable properties does not need to be repeated in each network node.

Frames. This model of knowledge representation using frames where the frame is a data structure representing a stereotypical situation like being inside some sort of a living room or gathering for a party. Several kinds of information attached to each frame. Part of this information describes the way of frame usage. Other part contains information about what we can expect hereinafter. Other part is dedicated to the information what should be done if these expectations are not confirmed [Минский, 1979]. The organization of frame model is in many ways similar to the semantic network. It is a network of nodes and relationships that are organized hierarchically: the upper nodes represent general concepts, and their subordinate units are the special cases of these concepts. In the system based on frames, the concept of each node is determined by a set of attributes-slots and values of these attributes. Each slot can be associated with specific procedures that are performed when the information in the slots (attribute values) changes. Each slot can be associated with any number of procedures.

Production systems. In such model knowledge is represented as a set of rules such as «If - then». Knowledge processing systems, which use such representation, are called production systems. The structure of a production system includes the rule (knowledge) base, working memory and the interpreter of the rules (solver), which implements a specific inference engine. The facts are presented in the form of pairs: attribute - value, and in cases, where there are several objects with identical attributes - in the form of triples: object - attribute - value. Operational knowledge is represented like the rules of type: condition – action or condition - goal. The rule is interpreted as: to achieve the rule goal it is necessary to achieve the goals of the condition. To solve the problem the control program selects a goal and tries to achieve it.

The main approaches to choose of formalized knowledge representation

However, we tend to follow the views of Y. Klykov about knowledge representation. According to the views of Y. Klykov knowledge is a set of data, facts and inference rules about the world which include the information about the properties of objects, regularity of the processes, phenomena and rules that are used by this information to make decisions [Клыков, 1980].

Since information about world is concerned, knowledge is a set of models describing certain phenomena and features of the world, its structure or behavior. In this sense, systems theory, theory of similarity, models theory is the ideal foundation for a formal knowledge representation.

In general form, as well as system, models of phenomena, that form the knowledge, can be considered as $\langle X, R \rangle$, where X - set of concepts, $R \subseteq X \times X$ - set of relationships between concepts. However this form can be represented as a description of object models that are specific representatives of the world, and a description of models of classes of specific objects - $S = \{s_i\}, i \in N_+$.

Typically, in the theory of artificial intelligence knowledge is determined as description of the model classes, at the same time the specific representatives of classes are the facts.

This distribution of roles for models allows formulating a number of tasks of knowledge:

- tasks of operations on sets for knowledge;

-
- tasks of determination of fact belonging to the selected class (type of knowledge)
 - tasks of construction of knowledge model on a given set of facts;
 - tasks of generation of facts for a given class (knowledge models);
 - tasks of optimal choice of fact for a given class (knowledge models);
 - tasks of identifying of incompletely determined fact to fact of a given class;
 - tasks of identifying of relationships between knowledge, etc.

Knowledge representation as a set of concepts and relations between them is well combined with structural models, which tend to be static generally, and in which the time factor does not play a significant role. There are also more specialized means of description of static structural systems, for example, formal grammar, logical calculus, neural networks, etc.

To describe such models many specialized formalisms to set behavior dynamics of systems was developed. There are a system of differential equations, finite automata [Глушков, 1961], Markov and semi-Markov processes [Королук, 1982], aggregative model [Бусленко, 1973], Petri nets [Питерсон, 1984], logic-dynamic models [Жук, 1975], etc. All these means of dynamics description in explicit or implicit form deal with set of system states and transitions between states. They are used to describe both the facts and the knowledge of a given class. Models, reflecting the dynamics of behavior, are often called dynamic models.

Dynamic models are characterized by the fact that tasks to be solved for the structural model are included in the list of classes of solving tasks, but they are complemented by the prediction tasks or reachability of states, tasks of admissible trajectory of behavior, tasks of determining the moments of the crash of the trajectory, etc.

Conducting the analysis of learning system **as a system of storing, actualizing, performing the transformation of knowledge and providing them to users**, it is necessary to specify the main features of the above functions.

1. Forms of knowledge representation, which are used for storage:

- Natural-linguistic textual-graphical form of representation is a form, which is used in almost every system, including modern learning system. This form took an important part in the interaction the learner with learning system, playing the role of a friendly user interface. However, it has serious disadvantages in the organization of the structuring of knowledge, assessing of the level of received knowledge and adaptation of learning scenarios for a particular user.
- Formalized form is a form, where the elements of storing are programs and structures of knowledge bases, where features of formalisms are reflected and used to express the structure and dynamics of the models that form the knowledge and facts. Since these formalisms are very strongly linked to the subject domain of learning, it is impossible to claim that there is a better formalism for knowledge representation. That would be equivalent to the assertion about the existence of the best mathematical theory in the simulation of systems.

Selection of formalized form of knowledge representation depends on many factors: the type of the considered systems (discrete, uninterrupted, discrete-uninterrupted etc.), tasks solved in the courses of

learning system, level of difficulty of obtaining secondary knowledge from primary knowledge, for example, obtaining values of the characteristics of the studied system, complexity of maintaining of knowledge up to date, and others.

2. Methods of maintaining knowledge up to date

It is known that the external world is changing. Quality learning should be carried out on the up to date models. That's why there is the undeniable importance of this function in the learning system. Its complexity depends heavily on knowledge representation forms.

Most simply, it is implemented with natural-linguistic textual-graphical form by editing old text and entering of new one.

Formalized storage form of knowledge has two ways to update:

- knowledge engineer works directly with formalized representation by editing old formal representations and adding new ones;
- training of system.

The first method is suitable in almost all forms of formalized knowledge representation, the second one is suitable only in case of knowledge representation in the form of a neural network.

Regarding the second method, there were identified methods of updating the models with teacher and without teacher, and special training methods, which are specific to different types of neural networks.

3. Methods of knowledge transformation

Actually, solution of tasks using models is a process of transformation of primary knowledge and facts into secondary (derivatives) knowledge. An example is the calculation of the characteristics of quality the system model. Transformation in the learning system can be maintained by creation of individual calculation procedures of derived indicators, or by using of standardized procedures for these purposes. The last one is usually associated with the method of knowledge representation, more precisely, to standard procedures that are typical for one or another formalism.

The standard procedures used for obtaining the secondary knowledge for some formalism are considered below.

Formal grammar is grammatical parsing procedures and procedures for generating of sentences of a language using grammar.

Logical calculus is procedures of logical inference of theorems, for example, the method of resolutions or algorithms of formulary transformation.

Petri nets are algorithms of testing reachability of the network from the initial.

Neural networks are calculation procedures of output values of network for given input.

Finite state machines are procedures of testing reachability of a given state from the initial.

ER models are model validation procedures or procedures for assessing of quality parameters of the model.

Returning to the interpretation of the concept of knowledge, there is still no answer to the question: what is the best representation of knowledge. Especially considering the fact that we are often faced

with a situation where during teaching of discipline it is sometimes necessary to use models based on different formalisms.

Selection of the most appropriate knowledge representation transforms to choosing the most appropriate tool.

And there is the most obvious decision to perform the choice of such tool. These tools should be based on a set of formalisms. The most well-known tools of similar class are the tools of Rational Rose [IBM official website, 2014], which used Unified Modelling Language (UML) as input language.

Well known [Douglass, 1999], UML is a multi-language system with the possibility of assignment of structural models (class diagrams), scenarios of interaction of models elements (sequence diagrams and interaction of objects diagrams), setting of dynamics of the system (state diagram), the interaction of parallel processes (activity diagrams), etc.

Such a wide range of languages within a single tool allows effective usage of such tools with knowledge systems, particularly in learning systems.

Using system tools based on UML it is possible to perform the transformation from one type of formalized knowledge representation in the other and return. An example is a transformation from representation of procedural knowledge represented by object oriented algorithmic language to the structural representation in the form of class diagrams. This transformation is often called the reverse-engineering [Samuelson, 2002].

4. Knowledge representation for learners should be conducted within natural language constructions. This assumes that in the learning scenarios feedback references from natural language elements to formalized elements and backward should be represented. Refinement of scenario should be conducted on the basis of learner's test results. The reason for this can be the automatic creation of formalized domain model of learner and its comparison with reference model.

Conclusions

Knowledge is used almost on every phase of functioning of learning systems and is stored in systems knowledge bases. The importance of the questions about the knowledge representation and knowledge determination increases.

It can be concluded from the article that knowledge can be presented in different forms: from text and graphics representation to formalized representations. Since knowledge can be considered as complex of models that reflect the world around us, the formalisms, which are used to represent them, are quite varied.

And the problem of choosing the correct formalism for learning systems, oriented on a variety of learning courses, includes not only the choice of the optimal formalism, but also the choice of tools, allowing the usage of a variety of formalisms.

In our opinion, such tools of representation of subject domain are the systems, which use the UML.

Bibliography

- [Kazymyr, 2013] V.V. Kazymyr, M.V. Tevkun, I.S. Posadska, O.P. Drozd. Methods of collection data to evaluate the quality of distance learning system. Вісник Чернігівського державного технологічного університету: зб. наук. праць. – Чернігів: ЧНТУ, – 2013.– № 69. – С. 144.
- [Джордж, 1984] Джордж Ф. Основы кибернетики: Пер. с англ. / Под ред. А.Л. Горелика. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
- [Холдинг, 1991] Человеческий фактор: В 6 т. / Пер. с англ. / Д. Холдинг, Н. Голдстейн, Р. Эбертс и др. – Т. 3: Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. – Ч. 2: Профессиональное обучение и отбор операторов). – М.: Мир, 1991. – 302 с.
- [Уэно, 1989] Уэно Х., Исудзука М. Представление и использование знаний. – М.: Мир, 1989. – 220 с.
- [Скрэгг, 1983] Скрэгг Г. Семантические сети как модели памяти // Новое в зарубежной лингвистике. – М.: Радуга, 1983. Вып. 12. – С. 228 – 271.
- [Минский, 1979] Минский М. Фреймы для представления знаний. – М.: Мир, 1979. – 152 с.
- [Клыков, 1980] Клыков Ю.И. Банки данных для принятия решений / Ю.И. Клыков, Л.Н. Горьков. – М.: Сов. радио, 1980. – 208 с.
- [Глушков, 1961] Глушков В. М. Абстрактная теория автоматов. «Успехи математических наук», 1961, т. 16, в. 5.
- [Королюк, 1982] Королюк В.С., Турбин А.Ф. Процессы марковского восстановления в задачах надежности систем. - Киев : Наук, думка, 1982.— 236 с.
- [Бусленко, 1973] Бусленко Н. П., Калашников В. В., Коваленко И. Н. Лекции по теории сложных систем. М.: Сов.радио, 1973.
- [Питерсон, 1984] Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984. - 264 с.
- [Жук, 1975] Жук К. Д. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем: моногр. / К. Д. Жук, А. А. Тимченко, Т. И. Доленко. — Киев : Наукова думка. — 1975. — 199 с.
- [IBM official website, 2014] Rational Rose. [Online]. – Available: <http://www-03.ibm.com/software/products/en/ratirosefam>
- [Douglass, 1999] Bruce Powel Douglass. Real – Time UML Second Edition. Developing Efficient Objects for Embedded Systems. Addison-Wesley, 1999, 238 p.
- [Samuelson, 2002] Samuelson P., Scotchmer S. The Law and Economics of Reverse Engineering // The Yale Law Journal, 2002, Vol. 111, No. 7, pp. 1575-1663.

Authors' Information



Vitalii Lytvynov – Dr. Sc., Prof. Chernihiv, National University of Technology, 95, Shevchenko street, Chernihiv-27, Ukraine, 14027; vlitvin@ukrsoft.ua

Major Fields of Scientific Research: modeling of complicated systems, computer-aided management systems, decision support systems



Iryna Posadska – Ph.D. Student, Chernihiv National University of Technology, 95, Shevchenko street, Chernihiv-27, Ukraine, 14027; irkin@gmail.com

Major Fields of Scientific Research: automated learning systems, information technologies and methods of artificial intelligence

IT PROJECTS-BASE CONTINUOUS LEARNING AT THE CHERNOBYL NPP

Maxim Saveliev, Vitalii Lytvynov

Abstract: *The best practices of Chernobyl NPP personnel training are presented in the framework of international projects implementation to improve safety and transform the Object "Shelter" into an ecologically safe condition based on the iterative methodology of creating automated systems and software proposed at Chernobyl NPP.*

Keywords: *IT-project management, training in industry, knowledge transfer, automated system life circle models.*

ACM Classification Keywords: *K.6.1 Management of Computing and Information Systems - Project and People Management*

Introduction

As a rule, education and training are considered in the context of training in specialized learning institutions. For a variety of "classical" specialties such approach may be justified. Indeed, the basic principles of physics or the theory of materials strength do not change during the "life span" of a typical industrial engineer. It is only needed to maintain proficiency from time to time, which also takes place in educational institutions. However, such approach does not work now for engineering and technical personnel found at the edge of scientific and technological progress, namely, nuclear energy, aerospace, chemical and biological industry and of course information technology. These days, implementation of complex projects requires continuous improvement of education level for personnel of all key stakeholders, including both a direct executor of certain activities and a final consumer. This issue is embodied in project management guides, quality manuals, and for the industry associated with increased risk in governmental rules and regulations. For example, in the nuclear industry sphere educational standards, frequency of additional training and knowledge tests of various categories of personnel, a need to arrange specialized training centers and the requirements for their fitting out are legislated. The largest commercial companies are doing the same by arranging or financing specific departments or affiliates not only for R&D, but also to train their employees. As a rule, the basis for this is a lack of flexibility of the state educational institutions, as well as the nature of business of such companies. In other words, one might talk of a gap between a need of advanced industry for the continuous training of its employees and traditional education system.

Chernobyl NPP and surrounding 30 km Exclusion zone is such a territory where these problems emerged in the most keenly way both in Ukraine and in the work at large. The accident at Chernobyl NPP is the largest man-made catastrophe of the twentieth century which required considerable efforts of the world community to overcome its consequences. Before April 26, 1986 the world has never faced such a challenging problem. About 600 thousand people participated in elimination of consequences of the largest accident in the history of nuclear power, 160 thousand people were evacuated and 220 thousand relocated, 5 million people were living on contaminated area that not require relocation. [WHO, 2006]

Most ChNPP projects are characterized by acquiring new knowledge and creation of systems which are unique in the industry which means that classical approaches for projects implementation and, in particular, personnel training are ineffective. Besides since there are representatives of various countries and cultures at the site, interaction and communication issues have appeared which were caused not only by a need to interwork with the help of an interpreter and/or "international English" but also by a variety of engineering schools, methods, technical norms, management methods, and quality assurance. The above leads to negative consequences like missed deadlines and budget overruns.

The above problems called for developing of a special project management methodology for the ChNPP site, which has successfully been implemented by the Chernobyl NPP management, international "Shelter Implementation Plan" Project Management Unit (SIP-PMU), and strongly supported by the Ukrainian Management Association by the Ukrnet projects (hereinafter UPMA). More than 100 specialists of the ChNPP received second higher education to implement this methodology - the master degree in the field of project and program management, and more than 30 Chernobyl NPP experts were certified per International Project Management Association IPMA system, two experts were certified by Japanese Project Management Association PMAJ. [Bushuyev, Medintsov, 2013].

At the same time developed methods embraced large capital-intensive projects, primarily in the field of construction, dismantling, installation of new equipment, but did not take into account the specifics of the IT-projects implementation, their iterative nature, liability to changes and special requirements for personnel. In addition, the unique conditions at the ChNPP and object "Shelter" have created such specific requirements, that performers could assess their complexity only in the course of the project. For example, existing limitations on safety requirements, personnel health may not provide for immediate access to the ChNPP site or required equipment by a specific expert, and consequently would require taking a decision remotely, based on incomplete data.

The above conditions of projects implementation at the Chernobyl NPP pose the problem of effective knowledge transfer between IT-project stakeholders, primarily from ChNPP experts who have knowledge of the object and the specific conditions of the site and Contractor specialists, as well as

from project performers (as a rule from international companies) to the ChNPP's experts as the end user of new systems and technologies. And if the second task is usually finds a solution through formal training cycles for the Client's personnel during the transmission of a new system or object, than the need to address the first problem is usually being considered only when the project begins to experience challenges.

IT-Projects Implementation Methods at the Chernobyl NPP Site

Since the majority of IT-projects at the ChNPP are financed by international institutions such as the EBRD, US DOE, the European Commission, they are implemented via an approach typical for such organizations: the tendering process for the "turnkey" work within the framework of a Contract with a fixed value, for example a FIDIC contract type. Particularity of this type of contract is that in their standard form they do not intend any other project life cycle model other than a waterfall model. In addition, if it is not specifically defined in the special conditions of the contract, arrangement of "turnkey" work implies a shift of all project risks related to errors committed at the time of the system installation, or, worse yet when it is handed over to the Client. And in this case, all project participants are at a disadvantage, the Contractors suffer financial and image losses; the Client does not get the system of proper quality, and the funding agency spends money inefficiently. In other matters, shortcomings of the waterfall model when implementing the IT-projects for which such model does not fit, are well known and description thereof is not the purpose of this article. It is worth noting here that these shortcomings have proved themselves to the full within the ChNPP site.

Iterative methodology for creating automated systems and software, based on a synthesis of GOST-34 (government standard for automated systems creation effective within the post-Soviet space) and recommendations of the RAD and Agile methodologies [Saveliev, 2013] was developed to overcome the negative experience of the ChNPP projects implementation. RAD and Agile methodologies contribution included extensive involvement of the Client at early stages, i.e. domain screening, development of requirements to the system and its design decisions. And GOST-34 gave a set of mandatory formal documents and requirements for its content. The proposed methodology links the release of two system prototypes by the Contractor together with a Draft Design and Technical Specification – formal documents with a standard structure. The purpose of the prototype release is to demonstrate to the Client the conceptual feasibility of concept design offered to the Contractor under the Clients specific conditions.

Then an alpha version and release candidate are issued at the stage of Technical Design and Working Documentation respectively. Final solution is aligned with successful completion of a trial operation. In a graphic form this methodology is given in Figure 1.

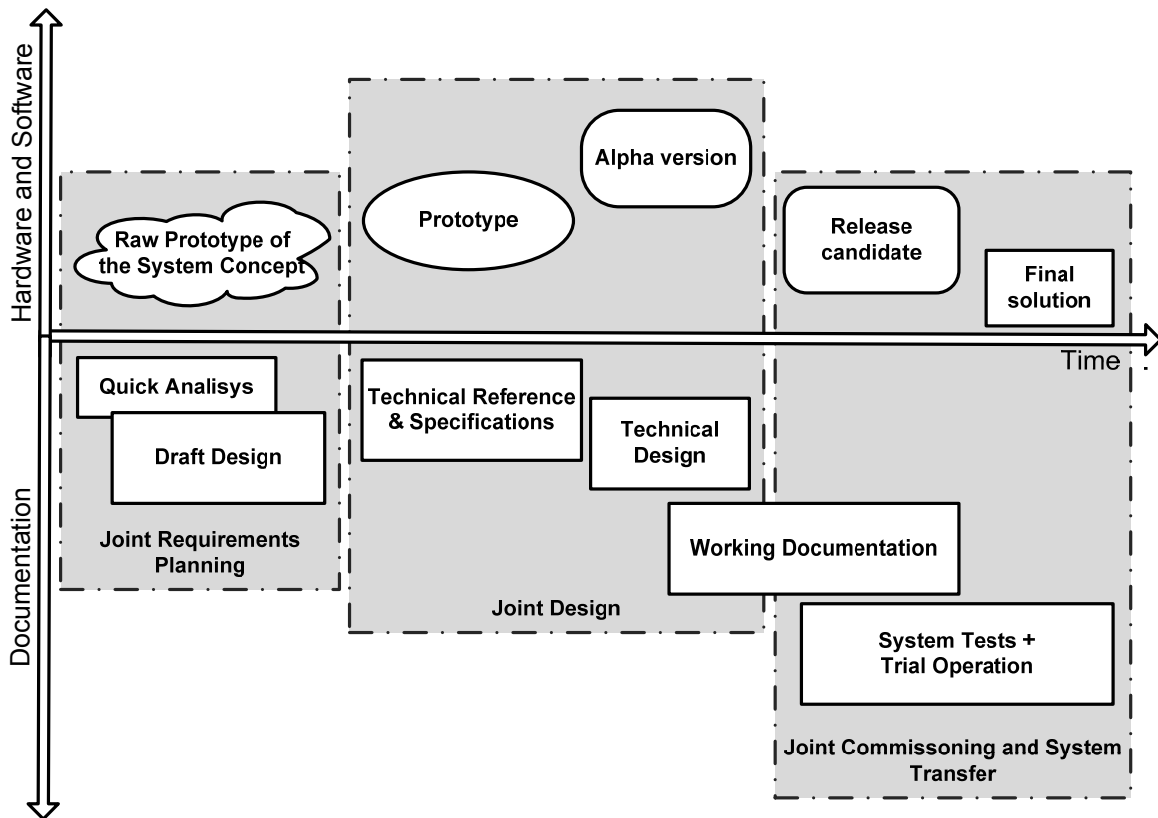


Fig 1. Methodology of IT-Projects implementation at the Chernobyl NPP

A key feature of this methodology is to refine requirements and design solutions by creating an analytical simulator of the future system, deployed in parallel both within the Contractor and the Client's site. The abovementioned analytical simulator is a controlled stimulator of domain (CSD) and actually a model of system being created (MSC). CSD generates input signals from the external environment to the newly designed system, as well as simulates the environment reaction to the output system signals. Immediately prototypes and versions of the system being developed appear for MSC which might be effectively achieved by applying modern virtualization technologies of computing systems. Interfaces between CSD and MSC are unified at the most to the real system and its environment, which is achieved by reusing design solutions.

Cycles of report documents review by the Client preceded by presentations in which the Contractor does not only tell about the content and structure of the submitted design decisions, but mostly trains the Client on how these solutions can be checked using analytical simulation.

The main benefit of this methodology is to minimize the impact of inevitable changes in the system requirements on the newly created system. The latter is achieved by the Client's early learning of the automated system, even before its actual creation. Thus, a need for change is shifted to early stages of the system creation. This can be illustrated by the following graph, see Fig. 2.

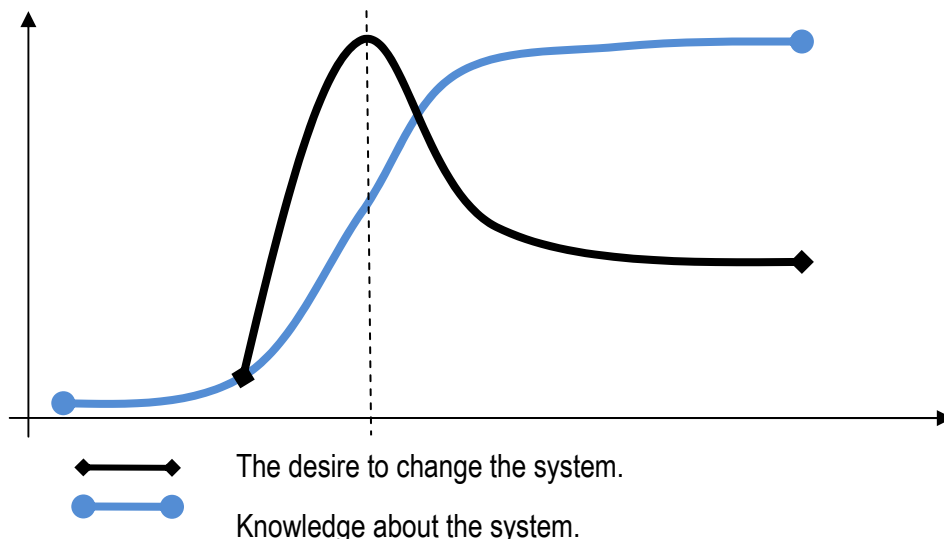


Fig.2. Connection between the knowledge of the system and the desire to change it.

In the classical waterfall model, with its misuse, the Client gains knowledge of the system at the final stages when the funding and timing have been exhausted and at this moment an urgent need for change appears. In these cases, project managers who are not experienced in IT-projects implementation start seeking the cause of problems in the insufficient quality of the source data in the best case, and in a "sabotage" of the Client at the worst.

On the other hand the methodology proposed at the ChNPP encourages the Client to obtain knowledge of the system at early stages, through joint work on the development and refinement of requirements, as well as the designing of software and hardware solutions.

Client's Personnel Training by Involving into Project Implementation

As part of the described above method of the IT-project implementation the Client creates a project management team for the project's life circle at the initial stage, which in addition to the project manager and supporting staff (project controls engineers, translator, contract and financial specialists) includes the Client's leading technical experts of information technology for complete or partial operational subordination to project manager. Technical experts engaged in the project management team shall undergo compulsory training of the project management basics, design regulations and standards effective at the Client's enterprise if they are involved for the first time.

Project implementation team is formed out of the Client's personnel comprising future operators and maintenance personnel which reports to the object's manager - usually the manager of the enterprise

structural unit in which the IT-project result will be deployed. The personnel are to be familiarized with goals and objectives of the project, their future roles both during the project and after its completion. It is important to clearly define a new work schedule of Client's personnel, set time for project activities, as well as time for self-study. If the current level of the personnel qualification does not correspond to the level required for the future system operation, corresponding training theoretical courses should be planned and held.

As a rule participation in such implementation group gives the Client's personnel a chance to switch from regular operating activity which can motivate and almost always initially accepted with enthusiasm. Another thing is that if this enthusiasm will not be supported by the creative activity under the project - it will quickly fade out. At the same time, the project is a new activity that will inevitably break the established position in the Client's organization, so some resistance from the Client's personnel can be expected both in active and passive forms. Managers need to understand that the maximum commitment of the personnel can be expected only when the personnel will feel "safe", i.e. he will understand that participation in this new activity will not jeopardize him.

Upon the formation of the project implementation team, the Contractor shall be informed about its structure, goals, and objectives.

In the initial phase of the project during the survey of the automation object, the Contractor makes mandatory acquaintance with members of both abovementioned the Client's project teams, interviews them to collect requests and requirements to the system. In parallel to this, the Contractor begins to create a prototype of the system and simulation of the controlled object - a model of system being created (MSC) and controlled stimulator of domain (CSD). The aim of this work is to convey the concept of the future system to the Client's personnel as soon as possible and to get a feedback.

After creating MSC and CSD they are deployed at the Client's site, and project implementation team starts their operation. As the project progresses the abovementioned models are to be updated, and the personnel are to be trained to use new features if there is a need. Information systems like bug-tracking performed well as a way of organizing of feedback from the Contractor.

Acquisition of new technologies always creates difficulties with aging of a person, and this should be considered carefully. In addition, new technologies often have a high cost; therefore people have a psychological fear of responsibility of "breaking an expensive thing," which is a powerful brake when mastering new knowledge. At the same time, experiments on the model of the system being created remove this psychological factor, which soon gives a way to satisfaction of learning new skills. The author recurrently has had to observe how first timid attempts to influence the user interface of the future system are gradually replaced by a wish to test their prowess and find new "bugs".

It should be noted that the efforts taken to create the MSC and CSD bring additional benefits for the project participants. During the pre-commissioning, certain modules and parts of the simulator can be used to customize the operation of the final product or to test for example an emergency condition which is impossible to do on the working object, and then at the operation stage to isolate a fault of equipment, for example by connecting the device simulator, instead of replacement of its modules.

It should be mentioned that the regulatory framework of the USSR, and then of modern Ukraine requires for systems important for safety of nuclear plant, to train operating personnel one year prior to operation. In the same way GOST-34, which regulates the types of automated systems tests, intends that the Client's personnel will have theoretical knowledge by a preliminary test, and will acquire practical knowledge and skills of the system work during the trial operation [GOST-34, 1992].

These requirements have not lost their relevance in view of information technology development and they should be considered when planning the IT-project schedule. And here again the early training of the Client through involving him into the project implementation enables to optimize terms of relevant works and project schedule.

The Clients and the Contractor's Personnel Roles when Implementing a IT-Project

Without going into details of differences of various types of Clients and Contractors organizational structures, it should be noted that in general classification of Contractor and Client personnel per their roles in a project can be illustrated by the following diagram.

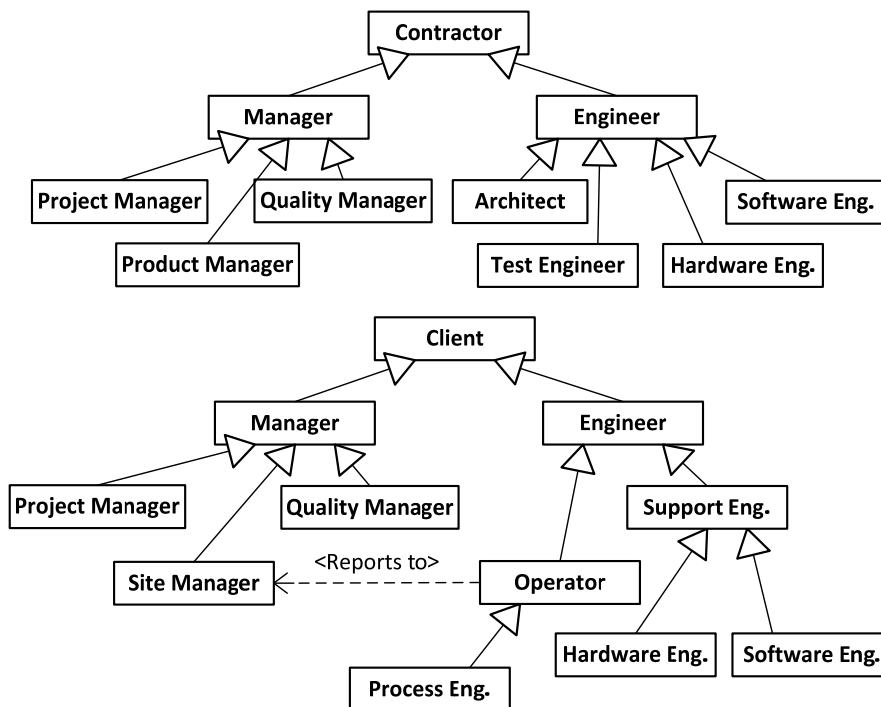


Fig.3. Hierarchy of the Clients and Contractors' personnel roles

The principal feature shall be noted here the influence of which on the project success is often underestimated. Both hierarchies of the personnel roles are very similar to each other. Besides, relations between the similar roles arise naturally when forming communication between the Client and Contractor, for example between Client and Contractor's programmers. And one might overlook the fact that the end user of the IT-project outcome is operating personnel – an Operator, but not supporting (maintenance) personnel, such as electronics and programmers engineers. Such roles as a Site Manager, Process Engineer, and Operator are the source of information about an object being automated, while the Software and Hardware Engineers are the source of information about potential features of designed automated system.

Specialization of roles means specialization of knowledge, but for successful management of IT-project reviews and meetings involving all participants in the project should be carried out on a regular basis during which the system at large shall be discussed to support the understanding of the general system concept from the personnel side, to inform the participants of the current steps of the project implementation, and items of concern. The interest of the project participants to related knowledge should also be encouraged.

Practice of the Chernobyl NPP has shown that the meetings between the project teams of the Client and the Contractor should be held 1 time per week. Technical reviews at least 1 time per month. Major meetings and project review should be planned for each milestone of the project schedule.

As mentioned above, in the course of communication between the Client and Contractor's specialists there is tendency to form pairs between matching the Client - Contractor roles, namely Client's Project Manager - Contractor's Project Manager, Client's Software Engineer - Contractor's Software Engineer, etc. As a rule, Contractor's Architect - Client's PMU IT Expert and Contractor's Test Engineer - Client's Operator pairs would also be combined. A bilateral transfer of knowledge is observed between such pairs, just as it does when pair programming in Extreme Programming (XP) methodology which is now becoming more popular. And experience shows that this is happening in the same effective way. Another thing is that the contract or budget limitations of the projects do not always allow maintaining the truly work is pairs between the Client and the Contractor for a long time.

Knowledge Check within the Continuous Learning

Classical training involves the following chain: planning of training - theoretical learning - practical training - examination (test) - updating the curriculum. At first glance, the proposed method of continuous learning through involvement into the project implementation relies on intuitive self-education. This is not quite true. Indeed self-education and self-development through participation in community activities plays a key role. But it should be mentioned that the reporting documentation

(terms of reference, technical and working designs, maintenance and operating manuals) developed by the Contractor plays the role of theoretical material with which the Client should get familiar, analyze and give its comments. Such work on documents plays a role of practical lessons to master theoretical material. Experiments on the simulator play a role of training to get into practical skills. In addition, the Contractor is acting as an examiner, by forming responses to the Clients comments. This allows identifying gaps in knowledge and taking them into account when preparing programs and system testing procedures. Finally, the test of the system itself, including trial operation, is a sort of examination for both the Contractor and the Client.

Conclusion

The existing practice proves that the above approach ensures a real involvement of the Client's staff to the project and elimination communication barriers in the project. An effective knowledge transfer takes place about peculiarities of the domain as part of particular application on the subject is effectively transferred from the Client's staff to the Contractor. And knowledge transfer from the Contractor personnel to the Client about key aspects of the future system and the technologies used is equally effective. The Client immediately identifies design errors and system defects. And the Contractor controls the quality of the Client's knowledge mastering about the system and process.

Analytical simulator designed to create a system carries on as a trainer to maintain proficiency and to train new operating personnel, since it simulates emergency modes of system operation, impossible to be simulated at the real operating equipment.

The given approach implements the principle of "Tell me and I forget, teach me and I may remember, involve me and I learn" by Benjamin Franklin. Such project-based learning takes place through creating a joint "Contractor-Client" model of the future system and testing it. Models testing together with review of reporting design and technical documents contribute to the knowledge acquisition as well as allow identifying the quality of gained knowledge. Operational feedback allows effective personnel shifting engaging engineers and trainers with needed skills.

Practices for personnel training given here proved to be effective not only during implementation of several projects at Chernobyl NPP, but also found successful use for training students of Slavutych branch of National Technical University of Ukraine "KPI".

Bibliography

[Saveliev, 2013] M.V.Saveliev. Selection of the life cycle model in projects in the field of information technology. Proceedings of the X International Conference PMKiev13. , Kiev, 2013.

[WHO, 2006] Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programs. World Health Organization. 2006.

[Bushuyev, Medintsov, 2013] Bushuyev S., Medintsov V. Diversification of Chernobyl's Power Plant Function Through Prism of Project Management, PM World Journal Volume 2, Issue 10 October 2013

[GOST-34, 1992] ГОСТ 34.603-92 Information technology. Types of automated systems tests.

Authors' Information



Maxim Saveliev – IMMSP NAS, SSE Chernobyl NPP, Ukraine;

e-mail: saveliev.maxim@gmail.com

Major Fields of Scientific Research: Software Engineering, Automated System Life Circle Models, Requirements Evolution, System Analysis, System-of-Systems



Vitalii Lytvynov – Dr. Sc. Prof. Chernihiv National University of Technology, 95, Shevchenko street, Chernihiv-27, Ukraine, 14027; vlitvin@ukrsoft.ua

Major Fields of Scientific Research: modeling of complicated systems, computer-aided management systems, decision support systems

FOUR INTELLECTUAL PRODUCTS DIALOGUE, KNOWLEDGE, WISDOM AND SOLUTION

George Bejitashvili, David Khelashvili

Abstract: *On the ground of relevant literature review the purpose of this paper is to demonstrate knowledge as power Dialogue strategies and similarities between organization and civilizations. Knowledge and Solution have many definitions and it is difficult to give a commonly accepted definition for them. Starting with the ideas of knowledge. Generally speaking, while knowledge is an intellectual product of the mental activity of human beings concerning mainly the true description of the related objects or states of affairs, Solution is an intellectual, emotional, volitional and spiritual characteristics of some human beings in relation not only to the true knowledge of the objects but also to the true knowledge of the self, and to the valuable words and virtuous actions Knowledge has been a branch of philosophy since the 17th century; [Lefstein, 2010] and epistemology deals with such issues as the nature and derivation of knowledge, the scope of knowledge, and the reliability of claims to knowledge. Finally demonstrates the idea of dialogue among civilizations and idea of league of civilizations to overcome the global financial crises from the arguments given by political leaders as well as great thinkers of civilizations studies. This study can be helpful for practitioners in refining their way of thinking about Knowledge.*

Keywords: *Dialogue, Knowledge, Solution, Wisdom, Intellect, dialogue, Idea, Argument.*

Introduction

Francis Bacon also said, "Knowledge is power". In the same line of thinking, President John F. Kennedy said at white house welcoming winners of Nobel Prize in 1962. "In a time of turbulence and change, it is truer than ever that knowledge is power".

In this paper we can be summarized in the following 2 claims:

1. Dialogue and knowledge, as communicative activities, involve multiple dimensions, including the ideational, interpersonal. Thinking about educational dialogue or productive interaction is incomplete without taking all four communicative dimensions into account.

2. Communication and Solution, including dialogue, involves tensions: between participants, between ideas, and between the concerns raised by each dimension. The institution of schooling constrains the ways in which dialogue can be conducted within its domain. Thinking about productive dialogue needs to accept and work with these constraints rather than ignoring them or wishing them away [Yaran, 2003]. In terms of disciplinary perspectives, I focus primarily on philosophical approaches to dialogue.

The dialogic ideal

A plurality of theories of dialogue reflects the lengthy genealogy of the concept and the plurality of issues and contexts to which it has been and is applied. Nevertheless, most theories share some core qualities and address similar concerns. In the following discussion, We explicate those commonalities, and highlight the tensions between and within central approaches. Before discussing the content of the concept "dialogue", it is useful to look at the contexts and manners in which it is commonly employed. We follow who notes that "words have meanings: some words, however, also have a 'feel'". Like "community", which is the focus of Bauman's study, "dialogue" feels good. Even prior to agreeing about what it means – or perhaps because agreement has not yet been attempted – there is general consensus that "dialogue" is beneficial, an ideal worth striving toward and that it doesn't happen as often as it ought. "Dialogue" suggests plurality and equality in opposition to authoritarian voices that try to dominate all others; it suggests openness and thoughtfulness as antidotes for the combativeness and dogmatism that commonly characterize argument and debate; and it offers a path toward understanding in instances in which interlocutors have become deaf to one another's concerns.

The Socratic Legacy

The roots of the dialogic ideal can be traced back to the image of Socrates. And what does Socrates do? He seeks out conversational partners and inquires into their ideas. He questioned them at length, subjecting their ideas and commonly held doctrines to intense critical scrutiny. He was driven to dialogue by passion for knowledge coupled with awareness of his own ignorance. He did not always infect his interlocutors with that passion, but he invariably provokes thinking. But we prefer to be refuted than to refute, for we believe that the former poses the greater benefit, since it is better to be cured of an evil than to cure another [Burbules & Bruce, 2001].

The Dialogue of Knowledge and Wisdom

Knowledge and Wisdom in the Abrahamic Religions and Ancient Philosophy: When looked at to the relationship between knowledge and wisdom from the historical perspective, it is seen that they are accompanying concepts and in a complementary and productive dialogue. There are lots of verses in the Bible and the Quran concerning knowledge and wisdom, and some of them are stated together. This shows that they are neither identical nor unconnected concepts. These verses emphasize and encourage both the relationship between them and their relationship with virtue, happiness, and eschatological reward. As everybody knows, the etymological meaning of the word of philosophy is the love of wisdom. Socrates conceives the love of wisdom as the pursuit of self-knowledge. He locates the intersection of things, human, and divine in the task of self-knowledge. For Plato, wisdom is the highest phase of four cardinal virtues, for it inspires and regulates the whole inner life. Aristotle drew a sharp distinction between practical wisdom and speculative wisdom, which is wisdom par excellence. The productive dialogue of knowledge and wisdom kept on going later Hellenistic philosophers, Neo-Platonists, and early Christian thinkers.

Dialogue of Knowledge and Wisdom in Modern Times

The dialogue of knowledge and wisdom has broken off in modern times both in the Western world and in the Islamic world. But their preferences have been different; one has preferred knowledge and neglected wisdom, and the other has done the reverse. As modern philosophy has developed since Descartes, the connection of knowledge to its accompanying concern with wisdom or self-knowledge has been set aside. Philosophy as the love of wisdom that considers the true to be the whole has been replaced by the pursuit of method and the truth of the part. In regard to the Socratic tradition of self-knowledge, philosophy has lost its way. The spirit of the modern age has been strictly rationalistic in the sense that it makes human reason the highest authority in the pursuit of knowledge, and naturalistic in that it seek to explain the inner and outer nature without supernatural presuppositions. At the end, knowledge without wisdom has made modern man spiritually homeless, alien to himself or herself, and has made the humanity and the earth challenged by many global cultural and environmental crises. Rationalist and positivist epistemology followed by an atheist and naturalist ontology and by relativist and nihilist ethic brought to modern world more knowledge but less wisdom, more power but less virtue, and more pleasure but less peace [Ehlich, 1985].

Neither Western nor Islamic world, which brought off the dialogue of the accompanying and complementary concepts of knowledge and wisdom for three centuries, could not have escaped from

various crises and could not have arrived at totally a more ideal situation. Muslim intellectuals (the modernists) became aware of the crisis in their world about 100 years ago; and Western intellectuals (the postmodernist) became aware of their crisis about 50 years ago. But the searches for solution do not give so much hope in either world because the solutions are too simple, that is, to reject your past and offer the other extreme edge of the dichotomy: Forget knowledge, reason, rationality, truth, objectivity, science, universal values and virtues, and embrace their completely opposites, better to say, "Anything goes". Or, forget wisdom, heart, spirituality, goodness, subjectivity, religion, traditional values and virtues, and embrace the opposites, better to say, just reason and science.

Conclusion

Knowledge is the main of organizational life, economy life, culture life, and civilization life. Managing knowledge at organizational life bore fruit by knowledge organizations / learning organizations as it has been highlighted in the research work by Peter Senge and other thinkers of knowledge. Managing knowledge effectively in civilization dialogue is the key to competitive survival among the comity of Nations. In our Simple model Dialogue and knowledge, as communicative activities, involve multiple dimensions. Communication and Solution, including dialogue, involves tensions: between participants, between ideas, and between the concerns raised by each dimension.

So here is the need of strategy which is "dialogue" is imperative because all civilizations are different and through strategic dialogues, they can come close to each other and understand each other values, disciplines, beliefs, forms of consciousness and convictions because of strength of relationship depends upon the understanding of other point of views and perspectives but at present it seems that there is a knowing doing gap among major civilizations.

Bibliography

- [Burbules & Bruce, 2001] Burbules and Bruce, B. C., "Theory and research on teaching as dialogue", in V. Richardson and American Educational Research Association (eds.), *Handbook of Research on Teaching*, 4th edn, Vol. 4, Washington, D.C.: American Educational Research Association, 2001
- [Ehlich, 1985] Ehlich K., "School discourse as dialogue", in M. Dascal and H. Cuyckens (eds), *Dialogue: An Interdisciplinary Approach*, Amsterdam: Benjamins, 1985.
- [Lefstein, 2010] Lefstein, A., "More Helpful as Problem than Solution: Some Implications of Situating Dialogue in Classrooms" in Littleton, K. & C. Howe (Eds.), *Educational dialogues: Understanding and promoting productive interaction*, Taylor and Francis, 2010

[Yaran, 2003] Cafer S. Yaran, "The Historical Dialogue of Knowledge and Wisdom and Contemporary Need for a "Sophiological" Epistemology", An International Conference: The Dialogue of Cultural Traditions, A Global Perspective, Istanbul, August 8-9, 2003, Washington, D.C.: RVP.

Authors' Information



George Bejlashvili– *First Deputy of Rector Shota Rustaveli National University of Georgia (REU) Academic Degree-Doctor of History; e-mail: Bezhitashvili.g@gmail.com*
Scientific Research: Knowledge - Dialogue - Solution



David Khelashvili – *Rector of Shota Rustaveli National University of Georgia (REU); e-mail: d_khelasi@yahoo.com*
Scientific Research: Knowledge - Dialogue - Solution

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ КОНКУРСНОГО ОТБОРА ПРОЕКТОВ В НАУЧНОМ ФОНДЕ

Алексей Петровский, Виктор Бойченко,
Алла Заболеева-Зотова, Татьяна Шитова

Аннотация: В работе рассматриваются возможные подходы к формированию научной политики и конкурсному отбору заявок на гранты в государственном научном фонде с помощью методов многокритериального выбора и группового вербального анализа решений. Методы предназначены для упорядочения и классификации объектов, описываемых многими качественными признаками, и основаны на теории метрических пространств мультимножеств. Приведены примеры практического применения предложенных подходов в Российском фонде фундаментальных исследований и Российском гуманитарном научном фонде.

Ключевые слова: научная политика, конкурсный отбор, многокритериальный выбор, вербальный анализ решений, многопризнаковые объекты, теория мультимножеств

ACM Classification Keywords: A.0 General Literature - Conference proceedings

Введение

Конкурсный отбор заявок на проведение исследований является основным направлением деятельности государственных научных фондов. Конечный результат конкурсного цикла – выделение из множества проступивших заявок проектов, принимаемых к финансированию. Конкурсный отбор осуществляется на основе экспертизы, которая состоит из нескольких этапов и сочетает индивидуальную оценку заявок экспертами и последующее коллективное обсуждение экспертных заключений на экспертном совете Фонда по соответствующей области знаний. Первоначально каждый проект независимо рассматривается несколькими экспертами, как правило, тремя или двумя, которые дают аргументированные многокритериальные оценки содержания заявки, а также рекомендации по поддержке исследования. Качество исследования оценивается по специальным критериям, включенным в экспертные анкеты. В разных видах конкурсов применяются свои наборы критериев, но во всех конкурсах критерии имеют

вербальные шкалы оценок с развернутыми словесными формулировками градаций качества. Такой подход позволяет оперировать оценками, в определенной степени унифицированными для представителей разных областей знаний, и получить от экспертов более достоверную информацию.

Экспертный совет Фонда рассматривает рекомендации экспертов, их оценки заявок и дает свое заключение о поддержке новых проектов, объемах их финансирования. Окончательное решение о поддержке проектов и распределении денежных средств принимает совет Фонда, опираясь на заключения соответствующих экспертных советов. Для реализации своей политики и обоснованного отбора предложений руководство Фонда должно иметь в обобщенном и концентрированном виде мнение экспертного сообщества, основанного на многокритериальных экспертных оценках и заключениях многих экспертов, которые могут быть как схожими, так и противоречивыми.

Для анализа больших массивов экспертных оценок и их интерпретации существуют специальные методические процедуры, которые, в частности, позволяют отбирать объекты в соответствии с заданными требованиями к их характеристикам. Это особенно актуально для научных фондов, куда поступает тысячи заявок на гранты. Необходимо упорядочить и структурировать процедуры экспертизы, способы выявления мнений экспертов и обобщения их оценок, встроить их в единую систему, которая позволила бы органу, принимающему решения, задавать свою политику и обеспечивать отбор конкретных проектов из разных областей науки, в максимальной степени соответствующих этим предпочтениям.

В работе предложены подходы к формированию политики научного фонда и конкурсному отбору заявок на получение грантов, основанные на применении методов многокритериального выбора и группового вербального анализа решений.

Особенности предлагаемого подхода

Предлагаемый подход к выбору совокупности проектов, рекомендуемых к финансированию, из исходного множества рассмотренных заявок с учетом предпочтений руководства, экспертных советов и экспертов Фонда основан на использовании формализованных процедур группировки многопризнаковых объектов. Подход строится на следующих методических посылах.

Для научных фондов типичны ситуации, когда из тысяч заявок необходимо выбрать ограниченное число „наиболее достойных”. Структуры, подготавливающие предложения по отбору проектов (экспертные советы), и орган, принимающий окончательное решение по итогам конкурса (совет Фонда), не в состоянии детально и содержательно проанализировать все заявки.

По сути, их роль сводится к утверждению рекомендаций экспертов. Тем самым окончательный выбор во многом predetermined уже на первой стадии экспертизы. Этим обусловлена объективная потребность в средствах формализованной группировки больших массивов заявок по различным наборам признаков и представления информации, степень агрегирования и содержание которой определяется уровнем и характером принимаемых решений.

Экспертиза заявок в различных областях науки проводится с использованием единой системы критериев оценки, достаточно подробно и всесторонне отражающих наиболее существенные аспекты предлагаемых исследований. Совокупность экспертных оценок содержания проекта с развёрнутой аргументацией эксперта в пользу выбранного „уровня качества” по каждому из критериев является унифицированным „информационным портретом” проекта, описывающим наиболее существенные для принятия решений аспекты (характеристики) и дающим возможность автоматизировать структурирование массивов проектов любой размерности.

Между рекомендациями эксперта „поддержать” или „отклонить” проект и наборами оценок по критериям существует определенная зависимость, которую можно выявить с помощью специально разработанных средств. Для фундаментальных исследований, к которым относится большинство поступающих в фонды заявок, характерна высокая степень неопределённости перспективности проектов и вида конечного результата. Выводы экспертов в значительной мере основаны на интуиции и общем впечатлении о рассматриваемых заявках и не могут быть полностью обусловлены оценками по критериям, которые, как и любая модель, не в состоянии отразить все нюансы столь сложных объектов. Поэтому существующая зависимость рекомендации эксперта от оценок по критериям не носит характера взаимно-однозначного соответствия. Всегда имеется фактор непредсказуемости, который ограничивает возможности формализовать экспертные процедуры.

Таким образом, в экспертизу научного проекта изначально заложены два противоречия: между однозначным характером принимаемого решения (принять или отклонить проект) и неформализуемым восприятием его экспертом, а также между большой размерностью массива заявок и необходимостью их содержательного анализа. Для методически корректного преодоления этих противоречий в предлагаемом подходе предусмотрено сочетание инструментов формализованной обработки больших массивов экспертных оценок и содержательной интерпретации их комбинаций, не поддающихся формализации.

Рассмотрим способы формализованного отбора проектов, использующие их описание в виде наборов оценок по критериям и предусматривающие формирование на этой основе различных схем представления предпочтений руководства Фонда и экспертного сообщества, в соответствии с которыми и осуществляется отбор.

Формирование научной политики

Научная политика Фонда формируется руководством и экспертными советами Фонда, которые представляют научное сообщество в лице ведущих учёных, обладающих не только профессиональными знаниями в отдельных областях и широкой научной эрудицией, но и опытом руководства научными коллективами и принятия решений.

Научная политика задаётся в виде наборов вербальных характеристик проектов по многим критериям и является комплексной многоаспектной нечисловой оценкой проекта. При использовании порядковых вербальных шкал более высокая оценка по каждому критерию означает более высокий уровень соответствующего качества, что даёт ряд преимуществ по сравнению с использованием единственного интегрального числового показателя в „баллах”, в котором „смешаны” количественные оценки по многим частным критериям.

Требования к проектам задаются в достаточно общих и универсальных категориях, применимых для оценки исследований в разных областях знания и адекватных восприятию основных аспектов состояния науки на высших уровнях принятия решений. Поэтому формирование единой политики на достаточно широком спектре дисциплин не требует знания сугубо специальных вопросов, изучаемых в рамках конкретных проектов. Это – задача экспертов в конкретных направлениях, которые интерпретируют содержание отдельных заявок, задавая оценки по критериям.

Имеется возможность достаточно гибко варьировать как общие требования, так и акценты в рамках отдельных областей, различных видов конкурсов. Очевидно, что „научная значимость результата”, „актуальность темы”, „комплексность предлагаемого исследования” необходимы для заявок практически во всех областях. Но в различных науках могут быть расставлены дополнительные акценты, например, в отдельных направлениях сегодня важны работы методологического плана, в то время как в других наиболее интересны и востребованы новые концептуальные подходы при описании изучаемых явлений. В случае необходимости возможен итеративный процесс корректировки политики путём изменения комбинаций требований.

Предлагаемая схема в сочетании с тематическими приоритетами (принадлежность к заданной тематической области может рассматриваться как дополнительное требование) может служить полезным методическим инструментом, позволяющим формализовать с минимальными „потерями содержания” политику фондов и выявить в исходном массиве те заявки, которые в наибольшей степени отвечают этой политике. Процедура отбора, основанная на сопоставлении оценок проектов с априори заданными требованиями, обеспечивает прозрачность и логичность принимаемых решений. Становится более ясным, по каким критериям конкретный проект соответствует требованиям, а по каким отклоняется.

Предпочтения экспертных советов Фонда формируются ежегодно до проведения экспертизы заявок в виде набора требований на шкалах критериев. Такие требования, отражающие представление о необходимом уровне качества („научном стандарте“) проектов, достойных поддержки, определяются на основе анализа состояния и тенденций развития исследований в соответствующих областях науки и представляют собой своеобразный „эталон“, с которым сравниваются экспертные оценки поступивших заявок. Заявки, оценки которых по критериям равны или превышают исходные требования, признаются заслуживающими поддержки.

Разбиение исходного множества проектов на два подмножества может быть осуществлено путём задания некой „пограничной“ комбинации оценок: проекты, у которых оценки выше или ниже заданных уровней, составляют, соответственно, первое и второе подмножества. При этом каждый проект из первого подмножества „лучше“ любого проекта из второго. Значения пограничной комбинации оценок образуют нижний порог качества, допустимый для поддержки проектов („порог поддержки“) и могут интерпретироваться как набор требований, отражающий предпочтения органа, принимающего решения: удовлетворение этим требованиям служит необходимым исходным условием принятия заявки.

Такое формальное разбиение, естественно, не может быть однозначно верным и окончательным. Во-первых, оценки экспертов субъективны и, во-вторых, любая формализация в сфере фундаментальной науки не учитывает многие содержательные нюансы конкретных проектов, которые невозможно отразить на шкалах критериев. Однако можно утверждать, что в число отобранных по данной схеме проектов с большой вероятностью попадут именно те проекты, которые по совокупности признаков, характеризующих научный уровень и отражённых в системе критериев, превосходят проекты, получившие оценки, не соответствующие заданным требованиям.

Коллективные предпочтения экспертного сообщества для отбора проектов формируются с использованием комбинаций экспертных оценок по критериям путём сопоставления с заданными требованиями.

Согласно регламенту проведения экспертизы заявок по ряду конкурсов Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского гуманитарного научного фонда (РГНФ) эксперт наряду с оценением отдельных аспектов каждой заявки должен высказать своё мнение о целесообразности поддержки или отклонения проекта. Явно выраженная „результатирующая рекомендация“ эксперта фактически устанавливает зависимость между комбинацией оценок соответствующего проекта по критериям и его отнесением (согласно рекомендации эксперта) к одному из классов, заслуживающих поддержки или отклонения. При такой постановке задачи выбора используется в определённом смысле „обратная“ логика:

пороговая комбинация оценок определяется не относительно к конкретным проектам в виде некоторого заранее заданного „эталона”, единого для всех заявок для данного вида конкурсов, а складывается у эксперта применительно к конкретному проекту в процессе его оценивания.

Агрегированные определенным образом индивидуальные, в том числе и противоречивые рекомендации экспертов в совокупности с пороговыми комбинациями вербальных оценок по критериям представляют „решающие правила”, которые, по мнению убедительного большинства экспертов, достаточны для поддержки или отклонения проектов. Такие решающие правила можно рассматривать как выражение консолидированных предпочтений высококвалифицированных учёных, привлекаемых к оценке заявок. Их можно также интерпретировать как сформированную „снизу” научную политику многочисленной группы экспертов. В результате будут получены альтернативные подмножества проектов, рекомендуемых и не рекомендуемых для поддержки. Для решения подобной задачи могут быть использованы методы группового вербального анализа решений [Петровский, 2009а; Петровский, 2009б; Petrovsky, 2008].

Построение решающих правил для отбора проектов

Приведем в качестве примера процедуру, которая позволяет сформировать предпочтения экспертного совета фонда в виде набора решающих правил для рекомендаций по поддержке и отклонению конкурсных заявок [Бойченко и др., 2015]. Процедура охватывает два последовательных этапа процесса экспертизы: многокритериальную экспертную оценку поступивших заявок и подготовку на основе экспертных заключений предложений по перечню заявок, рекомендуемых для поддержки фондом.

На первом этапе проводится оценка заявок по критериям, которые отражают различные аспекты предлагаемой проблемы и исследования (научная значимость, новизна, актуальность, и пр.) и основные составляющие потенциала исполнителей, определяющие возможность получения заявленного результата (научная квалификация, аналитический инструментарий, который будет использован при проведении исследования и т.п.). Каждый критерий имеет порядковую шкалу, состоящую из трёх градаций, которые описывают последовательно убывающие уровни „качества” по данному критерию: высший (оценка „а”), средний (оценка „б”), низший (оценка „в”), означающий отсутствие данного аспекта. Для каждой градации на шкале критерия приводится развёрнутая формулировка, раскрывающая смысловую трактовку соответствующего уровня качества.

В соответствии с регламентом конкурса каждая заявка рассматривается тремя экспертами. Эксперт отмечает на шкале каждого критерия градацию, в наибольшей степени соответствующую, по его мнению, уровню качества рассматриваемой заявки по данному критерию. Кроме того, эксперт сопровождает каждую проставленную оценку развернутым комментарием с аргументацией выбора именно такой оценки. Помимо аргументированных оценок эксперт пишет итоговое заключение, в котором обосновывается одна из трёх рекомендаций:

„А” – проект безусловно поддержать;

„Б” – проект поддержать при определённых условиях (например, при выделении дополнительных средств на данное научное направление или уменьшении объема финансирования на проект);

„В” – проект отклонить.

Набор экспертных оценок проекта по критериям может не совпадать с рекомендуемым экспертом решением. Примерами таких „нелогичных” сочетаний оценок по критериям, не согласующихся с рекомендацией эксперта, могут служить следующие комбинации:

- оценка „б” по всем критериям не сочетается с рекомендацией „А”;
- оценка „в” хотя бы по одному критерию не сочетается с рекомендацией „А”;
- рекомендация „А” возможна только, если по критерию „Методика исследования” выбрана оценка „а”, а по остальным критериям оценка „б”;
- оценка „в” по критерию „Методика исследования” при любом сочетании оценок по другим критериям влечёт рекомендацию „В”;
- оценка „в” по трём и более критериям влечёт рекомендацию „В”;
- рекомендация „В” нелогична, если ни по одному критерию не проставлена оценка „в”.

Такие „нелогичные” сочетания задаются при рассмотрении экспертных заключений и обсуждаются с экспертами с целью исключения технической ошибки или недоразумения. Если эксперт настаивает на своём мнении, заявка передаётся в секцию соответствующего экспертного совета для содержательного рассмотрения и принятия решения.

На втором этапе на основе комбинации трех экспертных заключений формируются обобщающие рекомендации – решающие правила: П₁. „Поддержать проект”, П₂. „Поддержать проект условно”, П₃. „Отклонить проект”. Можно выделить несколько типов таких комбинаций заключений, задающих решающие правила для отнесения соответствующих заявок к одной из выделенных категорий, например:

-
-
- все три эксперта единодушны в своих заключениях (комбинации AAA, БББ и ВВВ), отнесение заявок к соответствующим категориям очевидно;
 - в комбинации есть две одинаковы рекомендации (ААБ, ААВ, АББ, ББВ, АВВ, БВВ), тогда применяется правило большинства голосов и „обобщающей” считается рекомендация, выбранная двумя экспертами из трёх.

В результате формируются классы проектов, получивших рекомендации „А”, „Б” и „В”.

Класс П₁. Поддерживаются заявки, получившие комбинации рекомендаций экспертов: ААА и ААБ.

Класс П₂. Условно поддерживаются заявки, получившие комбинации рекомендаций экспертов: ББА и БББ.

Класс П₃. Отклоняются заявки, получившие комбинации рекомендаций экспертов: АВВ, БВВ и ВВВ.

В отдельный класс П₄ попадают заявки, имеющие комбинации заключений экспертов АБВ, ААВ, ББВ, которые не могут быть формально отнесены к одному из перечней. Две последние комбинации подпадают под формальную классификацию, но рекомендация „В” одного из экспертов исключает возможность автоматического отнесения соответствующих заявок к первому или второму классам. Заявки, получившие такие комбинации заключений, требуют специального рассмотрения.

Анализ итогов конкурсов проектов

Для анализа итогов конкурсного отбора проектов, выполняемых по грантам РФФИ и РГНФ, был использован новый методический инструментарий, который основан на методах группового вербального анализа решений [Petrovsky, 2008; Петровский, 2009а].

В конкурсе РФФИ проектов целевых фундаментальных исследований, выполняемых в интересах федеральных агентств и ведомств России, экспертиза заявок проводилась по 11 качественным критериям, которые объединены в две группы: научная характеристика проекта и оценка возможностей практической реализации проекта.

Группа „Научная характеристика проекта” состояла из 9 критериев: Q₁₁. Уровень фундаментальности проекта; Q₁₂. Ориентированность результата; Q₁₃. Цели исследования; Q₁₄. Методы достижения цели проекта; Q₁₅. Характер исследований; Q₁₆. Научная значимость проекта; Q₁₇. Степень новизны предлагаемых решений; Q₁₈. Потенциал исполнителей; Q₁₉. Техническая оснащенность.

В группу „Оценка возможностей практической реализации проекта” входило 2 критерия: Q_{21} . Завершающая стадия фундаментальных исследований, предлагаемых в проекте; Q_{22} . Масштабы применимости результатов заявленных исследований.

Каждый критерий, за исключением критерия Q_{12} , имел порядковую или номинальную шкалу оценок с развернутыми словесными формулировками градаций качества. Например, шкала критерия Q_{17} . Степень новизны предлагаемых решений выглядела следующим образом:

x_{17}^1 – решения сформулированы впервые и существенно превосходят уровень имеющихся решений;

x_{17}^2 – решение находится на уровне имеющихся решений;

x_{17}^3 – решение уступает имеющимся решениям.

Шкала критерия Q_{12} объединяла, по сути, два критерия, характеризующих направленность результата на развитие новых технологий и их использование в различных отраслях (федеральных агентствах). По этой причине критерий Q_{12} был исключен из дальнейшего рассмотрения.

По каждому проекту каждый эксперт давал также свое заключение о целесообразности поддержки проекта, проставляя следующие оценки: r_1 – безусловно поддержать (оценка „5”), r_2 – целесообразно поддержать (оценка „4”), r_3 – поддержка возможна (оценка „3”), r_4 – не поддерживать (оценка „2”). Эти оценки не считались цифровыми, с ними не выполнялись арифметические операции.

Модельная база данных включала в себя экспертные оценки проектов конкурса РФФИ 2006 года по областям знаний: 02. Физика и астрономия (всего представлено 127 проектов, из них 39 поддержано и 88 отклонено); 04. Биология и медицинская наука (всего представлено 252 проекта, из них 68 поддержано и 184 отклонено).

Для каждой из указанных областей знаний с помощью метода МАСКА (МногоАспектная Согласованная Классификация Альтернатив) для групповой классификации многопризнаковых объектов [Петровский, 2009б; Петровский и др, 2010] были построены групповые решающие правила для отбора заявок, основанные на многокритериальных оценках проектов и рекомендациях многих экспертов, записанных в виде мультимножеств. Согласованное агрегированное групповое правило для принятия проекта, записанное на естественном языке, выглядело следующим образом: „Проект следует безусловно поддержать, если он имеет исключительно высокую или значительную научную значимость (оценки x_{16}^1 или x_{16}^2); массовый или междисциплинарный масштабы применимости результатов заявленных исследований

(оценки x_{21}^1 или x_{21}^2); предлагаемые в проекте исследования завершаются лабораторным образцом или ключевыми элементами разработки (оценки x_{20}^1 или x_{20}^2).

Построенные правила классификации проектов позволили определить наиболее значимые критерии, которые оказывают решающее влияние на отбор проектов, оценить качество и согласованность экспертных оценок, выявить существенные расхождения в мнениях экспертов. Анализ итогов экспертизы проектов показал, что уровень согласованности многокритериальных экспертных оценок проектов по критериям и индивидуальных заключений экспертов по поддержке проектов оказался невысоким. Было выявлено достаточно много проектов, имеющих расхождения между оценкой их содержания и заключениями экспертов. Эти проекты требуют дополнительного анализа.

В конкурсе РГНФ инициативных фундаментальных исследований экспертная оценка содержания заявок проводилась по 20 качественным критериям, объединенным в четыре группы: оценка научного уровня проекта, оценка потенциала реализации проекта, оценка научной квалификации исполнителей проекта, оценка финансирования проекта.

Первая группа „Оценка научного уровня проекта” включала 7 критериев: Q_{11} . Фундаментальность исследования; Q_{12} . Научная значимость ожидаемых результатов исследования; Q_{13} . Актуальность научной проблемы исследования; Q_{14} . Комплексность исследования; Q_{15} . Научная новизна исследования; Q_{16} . Современное состояние исследований по проблеме проекта; Q_{17} . Соответствие названия проекта научной проблеме исследования.

Вторая группа „Оценка потенциала реализации проекта” состояла из 7 критериев: Q_{21} . Адекватность методов исследования и применяемого инструментария; Q_{22} . Новизна методического инструментария исследования; Q_{23} . Адекватность информационных и других ресурсов задачам исследования; Q_{24} . Общий план работы; Q_{25} . Четкость изложения и логическая взаимосвязанность цели, задач, методов исследования, общего плана работы и ожидаемых результатов; Q_{26} . Форма представления результатов проекта; Q_{27} . Потенциальные возможности использования результатов исследования при решении прикладных задач.

В третью группу „Оценка научной квалификации исполнителей проекта” входило 5 критериев: Q_{31} . Квалификация руководителя проекта; Q_{32} . Квалификация исполнителей проекта; Q_{33} . Научный задел по проекту; Q_{34} . Участие иностранных исполнителей; Q_{35} . Возрастной состав исполнителей.

Четвертая группа „Оценка финансирования проекта” состояла из 1 критерия: Q_{41} . Обоснованность заявленного объема финансирования.

Каждый критерий имел порядковую или номинальную шкалу оценок, состоящую из 2-3 градаций качества с развернутыми словесными формулировками, за исключением критерия Q_{26} , шкала

которого имела 7 градаций. К примеру, шкала критерия Q_{12} . Научная значимость ожидаемых результатов исследования выглядела следующим образом:

x_{12}^1 – результаты могут качественно изменить современные представления о природе, структуре и закономерностях явлений (объектов), изучаемых в данной области науки;

x_{12}^2 – результаты могут способствовать углублению существующей системы знаний о явлениях (объектах), составляющих данную предметную область науки, и их взаимосвязи.

По каждой заявке каждый эксперт давал также свою рекомендацию по поддержке проекта, проставляя одну из следующих оценок: r_1 – поддержать, r_2 – не поддерживать.

Модельная база данных включала в себя экспертные оценки заявок на конкурс РГНФ 2013 года по направлению 06-210. Общая психология, история и методы психологии (всего представлено 39 проектов, из них 10 было поддержано и 29 отклонено). Многокритериальные оценки конкурсных заявок, записанные в виде мультимножеств, были упорядочены четырьмя методами группового принятия решений: методом АРАМИС (Агрегирование и Ранжирование Альтернатив около Многопризнаковых Идеальных Ситуаций), процедурой Борда, методом лексикографического упорядочивания, методом групповой иерархической кластеризации [Петровский, 2009а, б].

Все четыре метода дали очень близкие результаты. Начальные части двух ранжировок, построенных методами АРАМИС и лексикографического упорядочения, полностью совпадали. Такая же часть ранжировки, построенной с помощью процедуры Борда, очень мало отличалась от первых двух ранжировок. Лишь у двух пар проектов наблюдалась перестановка мест, что практически не меняло общий порядок. Достаточно хорошо совпадали также средние и конечные части всех трех ранжировок, куда входили отклоненные проекты и два рекомендуемых для финансирования проекта. Несколько больше расходилось с ранжировками разбиение заявок на два кластера: первый, где присутствует 14 проектов, в том числе 7 поддержанных и 7 отклоненных, и второй, содержащий 25 проектов, из них 3 поддержанных и 22 отклоненных. Анализ результатов, полученных методами группового вербального анализа, показал их практически полное совпадение с заключением секции экспертного совета Фонда о поддержке проектов, что свидетельствует о достаточно высоком качестве проведенной экспертизы, а также о надежности и адекватности использованных методов обработки экспертных оценок.

Заключение

Грантовая форма поддержка науки представляет собой хорошо структурированную и многие десятилетия успешно функционирующую систему стимулирования исследований, которая основана на единых основных принципах и использует сходные организационные и методические инструменты, убедительно доказавшие свою работоспособность. Пересмотр и переоценка привычного стиля работы научных фондов и устоявшихся процедур проведения конкурсов диктуется повышением требований к обоснованности решений по отбору проектов, определяемых новой ролью и ответственностью фондов в поддержке фундаментальной науки.

Предложенные подходы и методы обработки экспертных оценок заявок на получение грантов показали свою практическую пригодность при анализе итогов конкурсного отбора проектов в научных фондах. Корректное использование разработанного методического инструментария будет способствовать прозрачности экспертных процедур и, соответственно, обоснованности принимаемых решений.

Благодарности

Работа опубликована при частичной поддержке проекта ITHEA XXI общества ITHEA ISS (www.ithea.org) и ADUIS (www.aduis.com.ua).

Библиография

- [Petrovsky, 2008] Petrovsky A. Group Verbal Decision Analysis // Encyclopedia of Decision Making and Decision Support Technologies / F. Adam, P. Humphreys (eds.). – Hershey, New York: IGI Global, 2008. Vol.1, pp. 418-425.
- [Бойченко и др., 2015] Бойченко В.С., Заболеева-Зотова А.В., Петровский А.Б. Многокритериальный подход к формированию политики научного фонда и экспертного сообщества // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: Материалы V международной научно-технической конференции. – Минск: БГУИР, 2015, С.455-460.
- [Петровский, 2009а] Петровский А.Б. Теория принятия решений. – М.: Образовательно-издательский центр „Академия”, 2009.
- [Петровский, 2009б] Петровский А.Б. Методы групповой классификации многопризнаковых объектов. // Искусственный интеллект и принятие решений (часть 1). 2009. №3. С.3-14; (часть 2). 2009. №4. С.3-14.
- [Петровский и др, 2010] Петровский А.Б., Ройзензон Г.В., Тихонов И.П., Балышев А.В. Применение метода „МАСКА” для групповой экспертной классификации научных проектов по многим критериям // Natural and Artificial Intelligence / K. Markov, V. Velychko, O. Voloshin (eds.). – Sofia: ITHEA, 2010. N.17, pp. 56 – 67.

Сведения об авторах



Петровский Алексей Борисович – д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Института системного анализа РАН, Россия, Москва 117312, пр-т 60-летия Октября, 9, e-mail: rab@isa.ru



Бойченко Виктор Степанович – к.т.н., начальник управления Российского гуманитарного научного фонда, Россия, Москва 123557, Пресненский вал, 17, e-mail: boychenko@rfh.ru



Заболеева-Зотова Алла Викторовна – д.т.н., профессор, начальник управления Российского фонда фундаментальных исследований, Россия, Москва 119991, Ленинский пр-т, 32А, e-mail: zabzot@rfbr.ru



Шитова Татьяна Алексеевна – экономист Института системного анализа РАН, Россия, Москва 117312, пр-т 60-летия Октября, 9, e-mail: tanya-petrovskaya@yandex.ru

Multi-Criteria Methods of Competitive Selection of Projects in the Science Foundation

Alexey Petrovsky, Victor Boychenko, Alla Zaboloeva-Zotova, Tatiana Shitova

Abstract: *The paper deals with possible approaches to the formation of scientific policy and competitive selection of applications for grants in the State Science Foundation by the methods of multi-criteria selection and group verbal decision analysis. These methods provides for ordering and classifying objects described by many qualitative characteristics, and are based on the theory of metric spaces multisets. Examples of the practical application of the proposed approach in the Russian Foundation for Basic Research and the Russian Humanitarian Foundation are considered.*

Keywords: *scientific policy, competitive selection, multi-criteria choice, verbal decision analysis multi-attribute objects, theory of multisets*

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОВЕРКА ПОДЛИННОСТИ ЗАЩИТНЫХ ГОЛОГРАММ

Роман Телятников, Иван Шумский, Михаил Беляцкий, Юрий Карякин

Аннотация: В работе описывается оригинальное устройство для исследования и контроля подлинности отражательных голограмм. Принцип действия устройства основан на измерении параметров составляющих голограмму дифракционных решеток и получении оценки ее подлинности путем их сравнения с эталонными значениями. Измерение параметров дифракционных решеток основано на свойстве отражательных голограмм разлагать свет некогерентного источника на спектральные составляющие. Сканирование голограммы под разными углами по азимуту и углу места позволяет получить объем информации, достаточный для расчета внутренних параметров голограммы по всей ее площади.

Ключевые слова: голограмма, подлинность.

ACM Classification Keywords: CCS - Applied computing - Computer forensics - Investigation techniques.

Введение

Рынок голографической продукции огромен. Причем художественная голография в виде объемных фотореалистичных копий различных ценностей и произведений искусства составляет весьма малую его часть. Основная доля производимых сегодня голограмм предназначена для защиты от подделки другой продукции. И если в начале развития голографической индустрии стоимость и сложность оборудования действительно обеспечивала решение этой задачи, то сейчас голограммы стали сами нуждаться в защите от подделки, а соответственно - в разработке способов и устройств контроля их подлинности. Наиболее распространенный способ защиты голограммы – внедрение в нее так называемых скрытых меток, которые могут быть визуализированы специальными портативными лазерными приборами. Однако наличие, местоположение и вид метки зачастую составляет коммерческую тайну. Задача создания устройства, способного проконтролировать соответствие параметров исследуемой голограммы заданным значения остается актуальной. В подобном устройстве заинтересованы в первую очередь криминалистические органы как для выявления факта подделки, так и для классификации вида подделки с целью обнаружения новых производителей контрафакта. Кроме

того, прямую заинтересованность выказывают и сами производители голограмм для обеспечения контроля качества на различных стадиях производства.

Описание прибора

Общий вид прибор под названием „Регула 2303” представлен на рисунке 1 [Патентная заявка РБ, 2013]. Прибор оснащен цифровой 5-ти мегапиксельной камерой и матричным осветителем. Осветитель представляет из себя матрицу NxM полупроводниковых источников света белого цвета. Во время проведения исследования можно включать любой источник света из матрицы, как индивидуально, так и одновременно с другими источниками из матрицы в любой комбинации. Это необходимо для формирования различных форм диаграмм направленности осветителя, обеспечивающих требуемое визуализируемое изображение голограммы (максимизация дифракционной эффективности, селективная визуализация отдельного плана голограммы и т.п.). Осветитель может вращаться вокруг объекта исследования на 360 градусов с дискретностью в 1 градус.



Рис 1. Внешний вид устройства „Регула 2303”

Для получения серии пригодных для проверки подлинности цифровых изображений защитных голограмм прибор "Регула 2303" содержит в своем составе две цифровые камеры с возможностью изменения фокусного расстояния. Характеристики разрешения прибора приведены в таблице 1.

Таблица 1. Разрешающая способность прибора „Регула 2303”

	Макросъемка	Микросъемка	
		Минимальное увеличение (1 крат)	Максимальное увеличение (12 крат)
Поле зрения, мм	92 x 69	29 x 22	2,4 x 1,8
Разрешение, dpi	710	2260	27 500
Размер пикселя, мкм	36	11	0,92

Программное обеспечение устройства позволяет настроить и сохранить сценарий проверки подлинности исследуемой голограммы: параметры цифровых камер, используемые диаграммы направленности осветителя в точках сканирования, последовательность переключения светодиодов для обеспечения возможности расчета параметров дифракционных решеток голограммы. Пример изображений голограммы, используемой для защиты шенгенской визы под различными углами освещения и при различном увеличении представлены на рисунке 2.

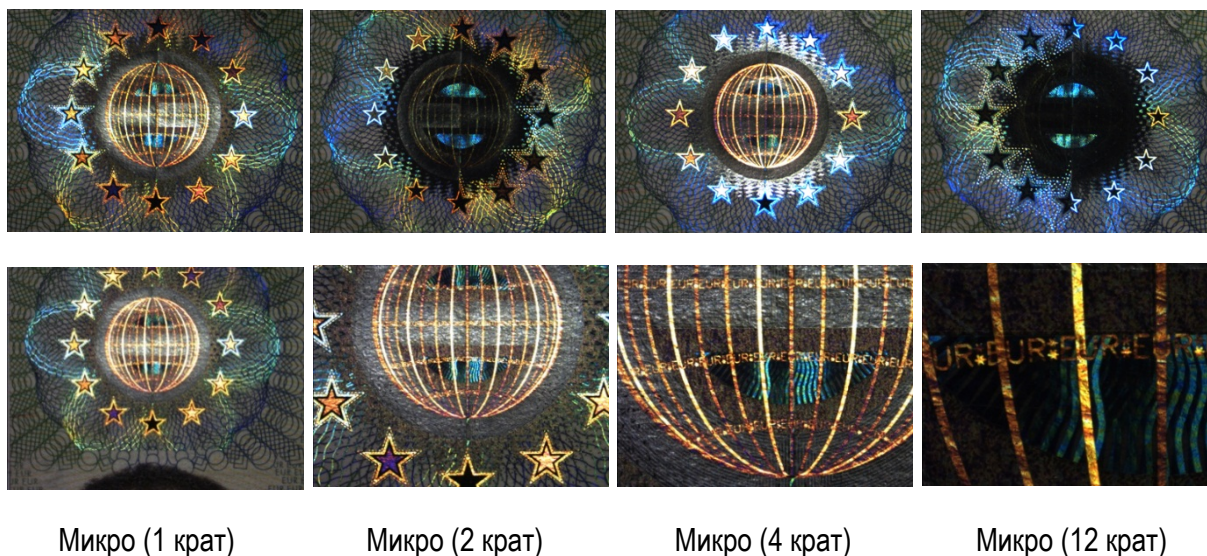


Рис 2. Фрагмент голограммы шенгенской визы под разными углами освещения (верхний ряд) и при разном увеличении (нижний ряд)

Принцип работы прибора

В статье описывается дальнейшее развитие аппаратуры и обрабатывающих алгоритмов представленного на конференции „НолоЕхро-2013” прибора "Регула 2303", предназначенного для исследования и контроля подлинности голограмм [Беляцкий и др., 2013].

Работа прибора "Регула 2303" основана на получении и анализе цифровых изображений голограммы, освещаемой некогерентными источниками белого света с различных углов по вертикали и по горизонтали.

В рамках улучшения функционала устройства были решены следующие задачи:

- 1) Получение информации о микроструктуре голограммы на основе анализа макроизмерений (совокупности изображений голограммы).
- 2) Разработка методов обеспечения инвариантности процедуры контроля подлинности голограммы к допустимым искажениям.

Необходимость решения данных задач обусловлена тем, что голограмма содержит элементы, размеры которых соизмеримы с длиной волны источника света, и при цифровом сканировании голограммы полученные изображения существенно меняются при незначительном сдвиге голограммы относительно объектива и источника света. Использование в качестве эталонов графических изображений голограммы приводит к нестабильности результатов анализа и сравнения тестируемой голограммы с эталонными образцами и делает процедуру контроля подлинности неэффективной. Поэтому, в новой версии прибора сравниваются между собой не голографические изображения, а полученные на их основе многомерные образы, инвариантные к взаимному расположению исследуемых голограмм, источника света и объектива.

В основу процедуры контроля положена идея сравнения с эталонными значениями таких характеристик голограммы как:

- период дифракционной решетки (ДР) d ;
- ориентация ДР α ;
- угловая селективность ДР $\Delta\theta$;
- дифракционная эффективность η .

При этом голограмма представляется как соответствующий отсканированному изображению растр F , в котором каждое значение пикселя f_{ij} представляется в виде многомерного вектора, содержащего информацию о характеристиках расположенной под ним дифракционной решетки $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$. Не принадлежащие голограмме пиксели растра не анализируются.

Существует связь между разрешающей способностью растра (размером пикселя L_F) и размерами дифракционных решеток L_D , из которых составлена голограмма. Для однозначного определения параметров ДР необходимо обеспечить выполнение условия $L_F \leq L_D$. В противном

случае пиксель растра будет интегрировать характеристики попадающих в его область нескольких ДР с разными характеристиками. Устройство "Регула 2303" обеспечивает выполнение указанного условия для защитных голограмм, у которых размеры ДР больше 1 мкм.

На этапе исследования голограммы анализируются отсканированные под всеми возможными углами изображения. В результате анализа формируются:

- 1) эталонное описание (образ) голограммы в виде растра $F\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ и
- 2) сценарий контроля подлинности голограммы.

Этап автоматического контроля подлинности голограммы состоит из трех шагов.

На **первом шаге** выполняется оперативное сканирование голограммы с нескольких ракурсов. Этот шаг необходим для распознавания по имеющейся БД типа голограммы, а также детектирования расположения голограммы в кадре, оценки ее ориентации и предварительной оценки геометрических искажений.

Информация о расположении и ориентации голограммы учитывается в сценарии сканирования во время выполнения **второго шага**: получения заданного сценарием множества изображений для расчета параметров растра F .

На **третьем шаге** осуществляется сравнение параметров растра исследуемой голограммы $F_{\text{иссл}}$ с параметрами эталонного растра $F_{\text{эт}}$. На этом шаге дополнительно учитывается информация о геометрических искажениях исследуемой голограммы с целью обеспечения инвариантности процедуры к технологическим и другим деформациям (сжатие/растяжение, изгибы/неприжатость и т.п.).

Виды рассогласований параметров классифицируются на допустимые и недопустимые. К допустимым относятся искажения, связанные с неплотным прилеганием голограммы к предметному столику устройства из-за деформации основы, на которую нанесена голограмма. Вследствие таких деформаций некоторые участки голограммы могут приподниматься и/или иметь наклоны по вертикали и горизонтали относительно плоскости столика. Приподнятость и наклон по вертикали приводят к ошибкам расчета шага ДР d , а наклоны по горизонтали приводят, в первую очередь, к ошибкам расчета ориентации ДР α и в меньшей степени к рассогласованию параметров $\Delta\theta$ и η .

Алгоритм сравнения учитывает допустимые значения всех видов деформаций при расчете интегральной оценки схожести исследуемой голограммы с эталонной. Для участков голограммы, которые имеют недопустимые отклонения алгоритм сравнения выдает диагнозы с величинами рассогласования по списку контролируемых параметров $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$. Учитывая огромную избыточность большинства голограмм, даже значительные допустимые искажения не приводят к ошибке при принятии решения о подлинности тестируемого образца.

В общем виде схема работы прибора представлена на рисунке 3.



Рис 3. Схема работы прибора при проверке подлинности голограммы

Заключение

Разработанная технология контроля подлинности голограммы, примененная в устройстве "Регула 2303" обеспечивает:

- в отличие от существующих лазерных детекторов контроль всей площади защитной голограммы;
- устойчивость процедуры контроля в силу ее нечувствительности к технологическим искажениям и деформации самой голограммы;
- снижение требований к позиционированию голограммы в поле зрения камеры устройства.

В свою очередь, новая версия процедуры контроля подлинности голограммы, которая *вместо сравнения изображений* контролирует расхождение параметров, характеризующих микроструктуру голограмм $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ обеспечила:

- снижение требований к выравниванию голограммы в горизонтальной плоскости (прижатости к предметному столику прибора);
- выявление несоответствий на уровне параметров дифракционных решеток $F\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ исследуемой голограммы;
- возможность задания порогов детектирования факта подделки отдельно по каждому из критериев раstra $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$;

Благодарности

Статья публикуется при частичной поддержке проекта ITHEA XXI Международного научного общества ITHEA (www.itheta.org) и Ассоциации Создателей и Пользователей Интеллектуальных Систем ADUIS (www.aduis.com.ua).

Литература

- [Беляцкий и др., 2013] Беляцкий М.А., Карякин Ю.Д., Телятников Р.В., Чиканова М.Л., Шумский И.П. Устройство и алгоритм проверки подлинности защитных голограмм. Голография. Наука и практика: сб. тр. 10-й Междунар. конф. (Москва, 17–18 сентября 2013 г.), С. 58-60.
- [Патентная заявка РБ, 2013] Патентная заявка РБ а2013.0842 от 10.07.2013.

Информация об авторах



Телятников Роман – к.т.н., научный руководитель разработки ПО, ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Беларусь, e-mail: raman.tsialiatnikau@regula.by

Основные направления деятельности: распознавание образов, обработка изображений, нейрофизиология



Шумский Иван – к.т.н., директор ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: ivan.shumsky@regula.by

Основные направления деятельности: автоматизация анализа подлинности документов и банкнот: проектирование оборудования и программного обеспечения



Беляцкий Михаил – инженер-конструктор, ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: mikhail.beliatzki@regula.by

Основные направления деятельности: проектирование оборудования для проверки подлинности документов и банкнот



Карякин Юрий - к.т.н., профессор, директор ЧУП "Лайтсаунд Бразерс", 220100, Цнянская 13-89, г.Минск, Республика Беларусь, e-mail: ykariakin@gmail.com

Основные направления деятельности: цифровая обработка многомерных сигналов, распознавание образов, искусственный интеллект, теория кодирования, гидроакустическая локация и связь, криптографическая защита от подделки

Examination and Authenticity Control of Secure Holograms

Raman Tsialiatnikau, Ivan Shumsky, Mikhail Beliatski, Yuri Kariakin

Abstract: *The paper describes the original device for the examination and control of authenticity of reflection holograms. The operating principle of the device is based on measuring the parameters of diffraction gratings constituting the hologram and obtains estimates of its authenticity by comparing them with the reference values. Measurement of diffraction gratings parameters is based on the ability of the reflection holograms to decompose the white light into its spectral components. Scanning the hologram at different angles allows obtaining sufficient information for calculating the internal parameters of the hologram throughout the area.*

Keywords: *hologram, authenticity*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Евгений Забудский

Аннотация: Создана на основе теории нелинейных электрических и магнитных цепей обобщенная математическая модель электромагнитных режимов устройств с шихтованным магнитопроводом произвольной конструкции и уложенными на нем обмотками. Разработаны алгоритм и программная реализация модели. Проанализированы важные для практики нормальные установившиеся электромагнитные режимы работы реакторов; переходные процессы, возникающие при коммутациях в цепях обмоток; несимметричные режимы, обусловленные несимметрией питающей сети, самих устройств и нагрузки; явления, возникающие при намагничивании магнитопроводов; даны рекомендации по воздействию на качество электромагнитных процессов осуществлением различных режимов намагничивания.

Ключевые слова: управляемый реактор, электромагнитный режим, математическая модель

ACM Classification Keywords: G.4 Mathematical Software - Algorithm design and analysis

Введение

К электроэнергетическим устройствам относятся насыщающиеся и управляемые реакторы (НР и УР). Являясь средством автоматического регулирования реактивной мощности, они необходимы для управления режимами электроэнергетических систем с целью решения следующих задач: компенсация избыточной зарядной мощности ЛЭП и повышение их пропускной способности, ограничение коммутационных перенапряжений, ограничение токов короткого замыкания, уменьшение колебаний напряжения, рациональное распределение напряжения и тока и др. [Zabudsky, 2003].

Реактор это статическое силовое нелинейное устройство, работа которого основана на явлении электромагнитной индукции. Реактивная мощность, потребляемая реактором, плавно регулируется за счет изменения насыщения (магнитного сопротивления) его магнитопровода.

Активная часть реактора содержит одну или несколько обмоток и магнитопровод, выполненный из электротехнической стали. В реакторе могут быть следующие отдельные обмотки: 1) рабочая

обмотка (РО). Она предназначена для включения в электрическую цепь, в которой используется индуктивность реактора; 2) обмотка управления (ОУ). Она предназначена для создания управляющего магнитного поля. В большинстве случаев это постоянное магнитное поле или поле, имеющее значительную постоянную составляющую; 3) компенсационная обмотка; 4) фазосдвигающая обмотка. Функции отдельных обмоток может выполнять одна совмещенная обмотка. Магнитопровод изготавливается или стержневым, подобно магнитопроводу силового трансформатора (реактор трансформаторного типа) или кольцевым, по типу магнитопровода электрической машины переменного тока с неявновыраженными полюсами (реактор электромашинного типа), но с неподвижным ротором.

Достоинство реакторов трансформаторного типа состоит и в том, что они выполняются на трансформаторные напряжения и поэтому могут быть включены в энергосистему без промежуточного трансформатора. Реакторы электромашинного типа отличают такие положительные качества, как компактность и простота конструкции при многофазном исполнении, отсутствие взаимоиндуктивных связей между обмотками и, следовательно, повышенное быстродействие, а также симметричность и синусоидальность рабочего тока.

Насыщающиеся и управляемые реакторы предназначены для использования в воздушных линиях электропередачи традиционного конструктивного исполнения и повышенной натуральной мощности [Zabudsky, 2003], в распределительных электросетях и в системах электроснабжения промышленных предприятий, поэтому важное значение имеет анализ электромагнитных режимов их работы в этих энергосистемах.

Исследованию режимов, характеристик и процессов устройств должна предшествовать реализация триады “модель - алгоритм - программа”. В результате осуществляется замена устройства его моделью, которая затем анализируется посредством экспериментирования на ПК при помощи вычислительно-логических алгоритмов.

Математическая модель глубже вскрывает внутренние связи устройства, дает его точные количественные характеристики. Вычислительный эксперимент частично или полностью заменяет натурное экспериментирование, позволяя уменьшить сроки и стоимость разработок. Универсальность математических моделей, алгоритмов и программ дает возможность оперативно и без дополнительных затрат переходить от решения одной проблемы к другой.

На основе разработанной обобщенной математической модели электромагнитных режимов и явлений, возникающих при намагничивании магнитопровода, исследуется поведение (“физиология”) в электроэнергетических системах двух типичных реакторов: НР трансформаторного типа и УР электромашинного типа. Устройство (“анатомия”) реакторов оптимизировано на основе теории поля [Zabudsky, 2013].

Описание изготовленных и установленных на эксплуатацию устройств, разработанных программных продуктов с возможностью свободного копирования некоторых из них реализованы на Web-сайте автора <http://zei.narod.ru>.

1. Насыщающийся реактор трансформаторного типа

Разработан трехфазный НР активная часть которого состоит из стержневого магнитопровода и одной совмещенной обмотки (Рис. 1). Реактор предназначен для работы в схеме параметрического стабилизатора напряжения с целью ограничения колебаний напряжения в системе электроснабжения промышленных предприятий, которые обусловлены нагрузкой. Он также может быть использован для компенсации избыточной реактивной мощности энергосистемы в схеме статического компенсатора реактивной мощности. Устройство и теория НР рассмотрены в [Zabudsky, 2003].

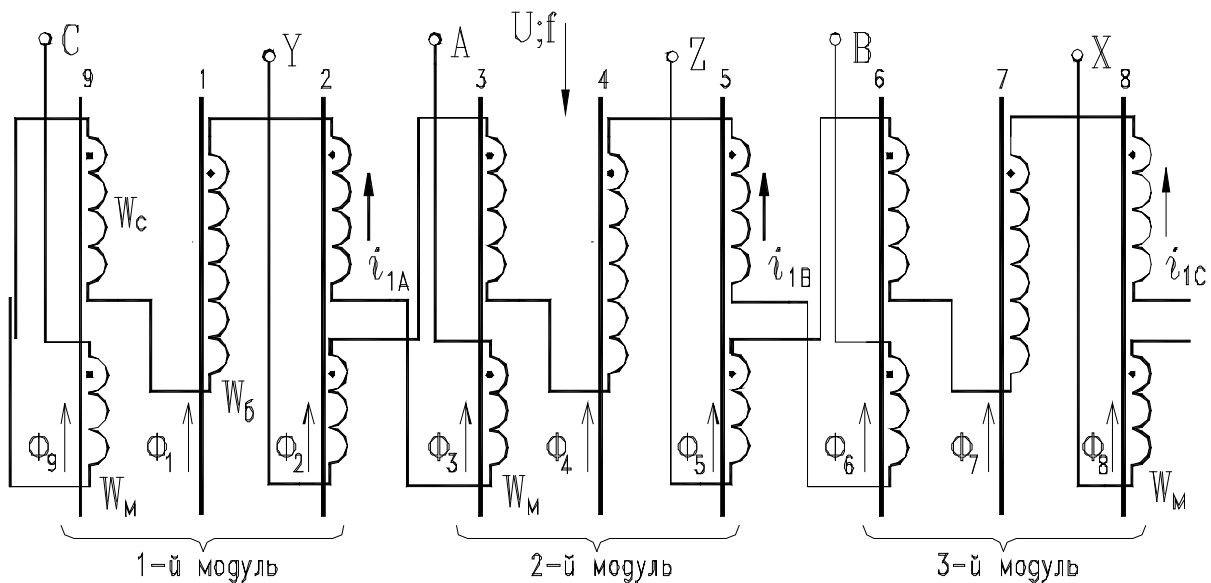


Рис. 1. Электромагнитная схема НР с пятью катушками в каждой фазе.

Стрелками показано направление тока в фазах (→)
и направление магнитного потока в стержнях (↕)

1.1. Математическая модель электромагнитных режимов НР

Математическая модель составляется на основе эквивалентирования реального устройства электрической (Рис. 2) и магнитной (Рис. 3) схемами замещения с нелинейными сосредоточенными параметрами [Mishin, 1981; Zabudsky, 2003].

На Рис. 2 приняты следующие обозначения: 1) U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} – мгновенные значения линейных напряжений, подведенных к совмещенной трехфазной обмотке; 2) i_{1A}, i_{1B}, i_{1C} – мгновенные значения линейных токов (искомые величины); 3) R_A, R_B, R_C – активные сопротивления фаз обмотки; 4) $L_{\sigma A}, L_{\sigma B}, L_{\sigma C}$ – индуктивности, обусловленные магнитными потоками рассеяния фаз обмотки; 5) R_{AM}, R_{BM}, R_{CM} – нелинейные сопротивления, их значения приближенно учитывают потери в стали магнитопровода; 6) $p = d/dt$ – символ дифференцирования по времени t ; 7) $p\Psi_A = -e_A, p\Psi_B, p\Psi_C$ – мгновенные значения ЭДС, индуцированных в фазах обмотки основными магнитными потоками сцепления Ψ_A, Ψ_B, Ψ_C этих фаз.

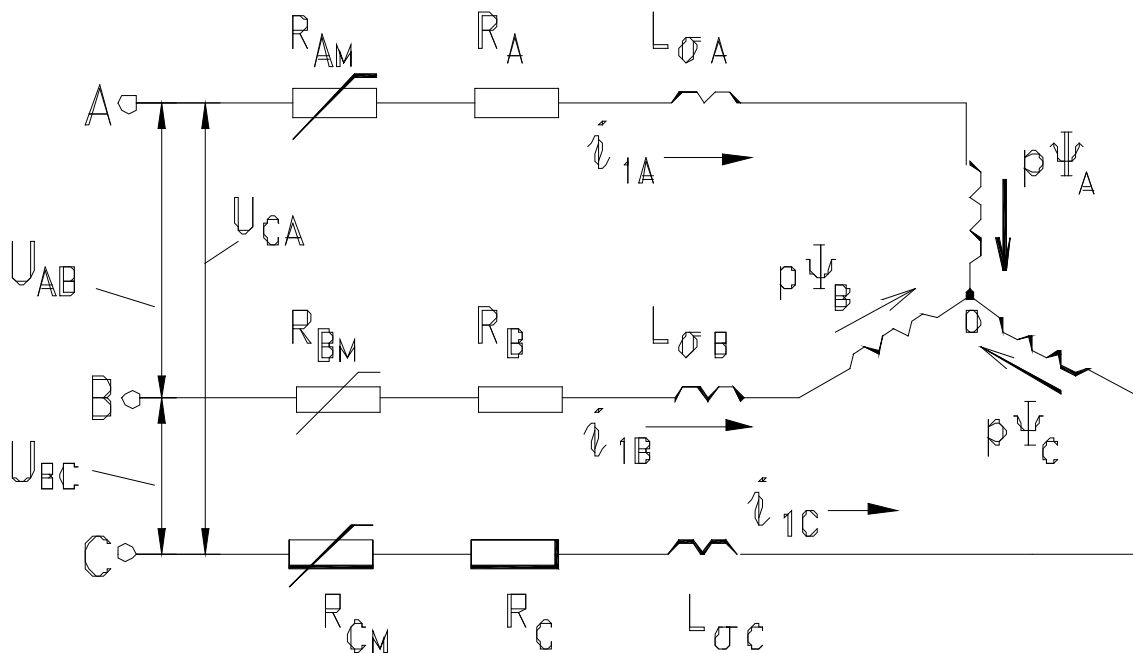


Рис. 2. Электрическая схема замещения трехфазного НР

На Рис. 3 приняты обозначения: 1) i_{iW_M} , i_{iW_6} , i_{iW_C} , $i = A, B$ или C – мгновенные значения МДС катушек фаз совмещенной трехфазной обмотки; 2) $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_9$ – магнитные потоки в стержнях (искомые величины); 3) $R_{C1}, R_{C2}, \dots, R_{C9}$ – нелинейные дифференциальные магнитные сопротивления стержней. Эти сопротивления определяются на основе аппроксимации кривой намагничивания электротехнической стали магнитопровода кубическим сплайном. Экспериментальная кривая намагничивания сглаживалась методом наименьших квадратов; 4) $R_{\delta 1}, R_{\delta 2}, \dots, R_{\delta 9}$ – линейные магнитные сопротивления эквивалентных зазоров.

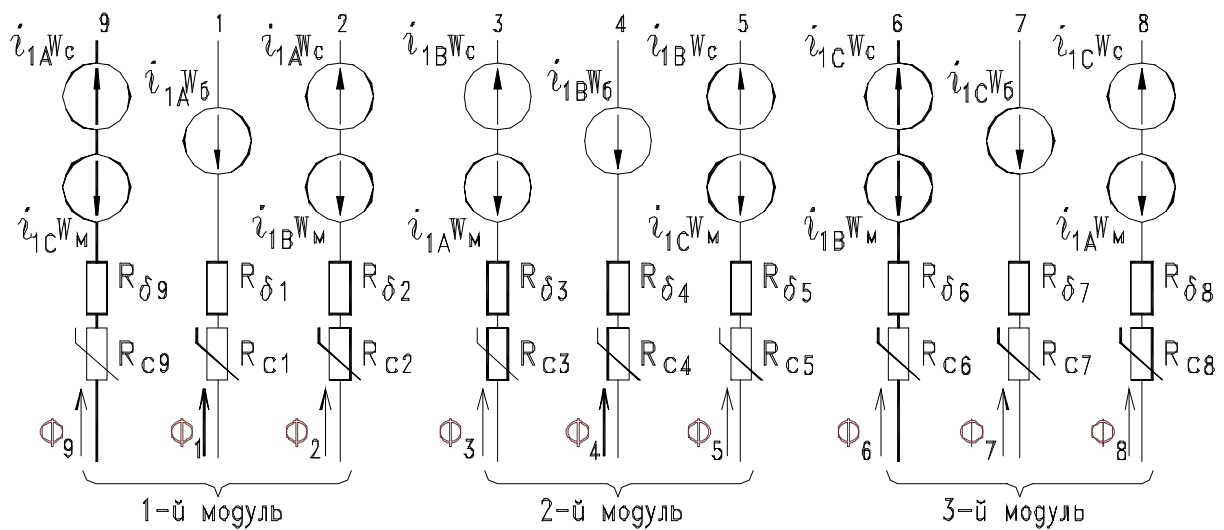


Рис. 3. Магнитная схема замещения трехфазного НР

После ряда преобразований [Zabudsky, 2003], обобщенная математическая модель, представляющая собой систему нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), записывается в виде системы (1).

Разработаны алгоритм и программная реализация модели на ПК [Mishin, 1981; Zabudsky, 2003]. Результатом последней являются искомые значения: токов обмоток, магнитных потоков, индукций и других величин, получаемых как функции времени.

Система нелинейных ОДУ (1), относительно производных от потоков $r\Phi_i$, $i = 1, 2, \dots, 9$ и от токов $r i_{1A}$, $r i_{1B}$, $r i_{1C}$, является системой линейных алгебраических уравнений (ЛАУ). Перед ее решением необходимо задать все величины, входящие в матрицу коэффициентов и в вектор-столбец свободных членов системы ЛАУ, а нелинейные дифференциальные магнитные сопротивления, и нелинейные сопротивления, приближенно учитывающие потери в стали, рассчитать. После решения системы ЛАУ и нахождения значений производных от потоков и

токов, они интегрируются численным методом и определяются искомые мгновенные значения потоков и токов для некоторого момента времени t лежащего на интервале интегрирования. Результаты интегрирования используются при формировании матрицы коэффициентов и вектора-столбца свободных членов системы (1) с целью ее решения для последующего момента времени, который определяется переменным шагом интегрирования. Значение шага интегрирования вычисляется программно для достижения заданной точности. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет пройден весь интервал интегрирования.

Математическая модель электромагнитных режимов насыщающегося реактора трансформаторного типа

$R_{c9} + R_{\delta 9}$										$-W_C$		W_M	$p\Phi_9$	
	$R_{c1} + R_{\delta 1}$									W_B			$p\Phi_1$	
		$R_{c2} + R_{\delta 2}$								$-W_C$	W_M		$p\Phi_2$	
			$R_{c3} + R_{\delta 3}$							W_M	$-W_C$		$p\Phi_3$	
				$R_{c4} + R_{\delta 4}$							W_B		$p\Phi_4$	
					$R_{c5} + R_{\delta 5}$					$-W_C$	W_M		$p\Phi_5$	
						$R_{c6} + R_{\delta 6}$				W_M	$-W_C$		$p\Phi_6$	
							$R_{c7} + R_{\delta 7}$					W_B	$p\Phi_7$	
								$R_{c8} + R_{\delta 8}$				$-W_C$	$p\Phi_8$	
W_C	$-W_B$	W_{CM}	$-W_{CM}$	W_B	$-W_C$	W_M		$-W_M$	$L_{\sigma A}$	$-L_{\sigma B}$			$p\dot{i}_{1A}$	$U_{AB} - \dot{i}_{1A}(R_A + R_{AM}) + \dot{i}_{1B}(R_B + R_{BM})$
W_M		$-W_M$	W_C	$-W_B$	W_{CM}	$-W_{CM}$	W_B	$-W_C$		$L_{\sigma B}$	$-L_{\sigma C}$		$p\dot{i}_{1B}$	$U_{BC} - \dot{i}_{1B}(R_B + R_{BM}) + \dot{i}_{1C}(R_C + R_{CM})$
													$p\dot{i}_{1C}$	

(1)

Математическая модель электромагнитных режимов и явлений, возникающих при намагничивании других статических устройств различного функционального назначения, активная часть которых содержит магнитопровод с обмотками, будет структурно совпадать с (1). Это следует и из сопоставления (1) и (3). Обобщенная математическая модель в структурированной (блочной) матричной форме записывается следующим образом:

$$\begin{bmatrix} R_{ci}(B_{ci}) + R_{\delta i} & W_{\text{маг}} \\ W_{\text{эл}} & L \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p\Phi_i \\ pi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ U \pm i(R + R_M(B_{ci})) \\ 0 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Для различных устройств (2) будет отличаться лишь числом уравнений и порядком заполнения выделенных пунктирными линиями блоков в матрице коэффициентов и в векторах-столбцах, которые определяются, в основном, конструктивными и схемотехническими особенностями устройств. В связи с этим, программная реализация математической модели различных устройств с точки зрения алгоритма не претерпевает принципиальных изменений.

Из анализа математической модели (1) следует, что при представлении ее в Международной системе единиц SI в вектор-столбец искомых, а также в матрицу коэффициентов входят величины, которые имеют существенно отличающиеся порядки. Последнее усложняет решение системы ЛАУ методом Гаусса и последующее интегрирование значений производных методом Рунге-Кутты. Для выравнивания порядков величин программная реализация модели представляется в преобразованной системе единиц (ПСЕ), отличающейся от SI тем, что единица длины в ПСЕ принята в 10^2 раз большей единицы длины в SI. После выполнения расчетов на ПК все величины, выводимые на печать, представляются в системе SI.

Математическая модель (1) позволяет анализировать различные электромагнитные режимы реакторов, в частности, при соответствующем изменении значений активных сопротивлений обмоток, индуктивностей рассеяния обмоток или чисел их витков, реализуется несимметричный режим работы устройств, обусловленный несимметрией обмоток. Если варьировать значения геометрических размеров участков магнитопровода, реализуется несимметричный режим работы реакторов, обусловленный несимметрией магнитопровода. Если же изменять соответствующим образом значения напряжений подводимых к обмоткам устройства, то моделируется работа его при несимметрии подводимых напряжений. Задавая равными нулю число витков катушек той или иной обмотки, можно исследовать роль и воздействие этой обмотки на работу устройства. Изменяя величины сопротивлений нагрузки, можно переходить от режима холостого хода к режиму нагрузки, в том числе, и к несимметричному, и далее – к короткому замыканию.

Кроме того, на основе модели анализируются явления, возникающие при намагничивании магнитопровода устройств. Эти явления обусловлены насыщением магнитной цепи. Они сопровождаются появлением гармоник в намагничивающем токе реактора, то есть в напряженности магнитного поля, и (или) появлением гармоник в ЭДС, то есть в индукции поля. Наличие гармоник в магнитном поле отрицательно сказывается как на работе самого реактора, так и на работе энергосистемы, в которую включен реактор, а также на работе близлежащих линий связи. Насыщение магнитопровода реакторов может быть ~ 2 Тл и несколько больше, поэтому амплитуды 2, 3, ..., 12, 13-й, ... гармоник насыщения могут достичь заметных величин.

Анализ явлений намагничивания иллюстрирует качество устройств с точки зрения проявления высших гармоник, подтверждает достаточность мер, выработанных для их подавления, и позволяет принять рекомендации, необходимые для проектирования устройств с учетом соответствующих гармоник. Результаты исследования могут быть использованы и в теории силовых серийных трансформаторов.

1.2. Анализ электромагнитных режимов НР

Ниже приводятся расчетные зависимости, полученные в результате реализации математической модели (1) на ПК.

На Рис. 4, а показана зависимость линейных токов в фазах трехфазной совмещенной обмотки НР при следующих переходных процессах: 1) $t_0 = 0.00$ с – включение НР на 3-фазное напряжение; 2) $t_1 = 0.06$ с – наброс напряжения; 3) $t_2 = 0.14$ с – 10-процентный сброс его. Как видно из рисунка, 1-й процесс длится в течение ~ 0.02 с; 2 и 3-й процессы заканчиваются за ~ 0.01 с. Как следует из приведенной зависимости, форма кривой тока является практически синусоидальной. В токе отсутствуют 5, 7, 11 и 13-я гармоники. Векторные диаграммы ЭДС по гармоникам этого порядка представляют собой замкнутые многоугольники, по пять векторов в каждом, соответственно пяти катушкам, из которых состоит фаза обмотки. Отсутствуют в токе и гармоники, кратные трем. В токе проявляются 17 и 19-я гармоники, амплитуды которых невелики.

Рис. 4, б иллюстрирует переходный процесс при обрыве фазы А питающего напряжения (начало процесса соответствует моменту времени $t_1 = 0.06$ с). При $t > 0.06$ с форма кривых токов в фазах В и С искажается за счет третьей гармоники, и нормальная работа НР нарушается.

На Рис. 5, а приведено изменение магнитной индукции во времени в средних стержнях 1, 4 и 7 соответственно 1, 2 и 3-го модулей реактора. Уплощенная форма кривых свидетельствует о наличии в магнитном поле 3-й гармоники индукции.

На Рис. 5, б представлена зависимость 3-ей гармоники индукции $B_{3a}, B_{3b}, B_{3c} = f(t)$, составляющей симметричную и синусоидальную трехфазную систему, так как в каждых трех стержнях 1, 4, 7; 2, 5, 8 и 3, 6, 9 первая и высшие гармоники индукции порядков $6 \cdot k \pm 1$, $k = 1, 2, 3, \dots$ взаимно уравновешиваются.

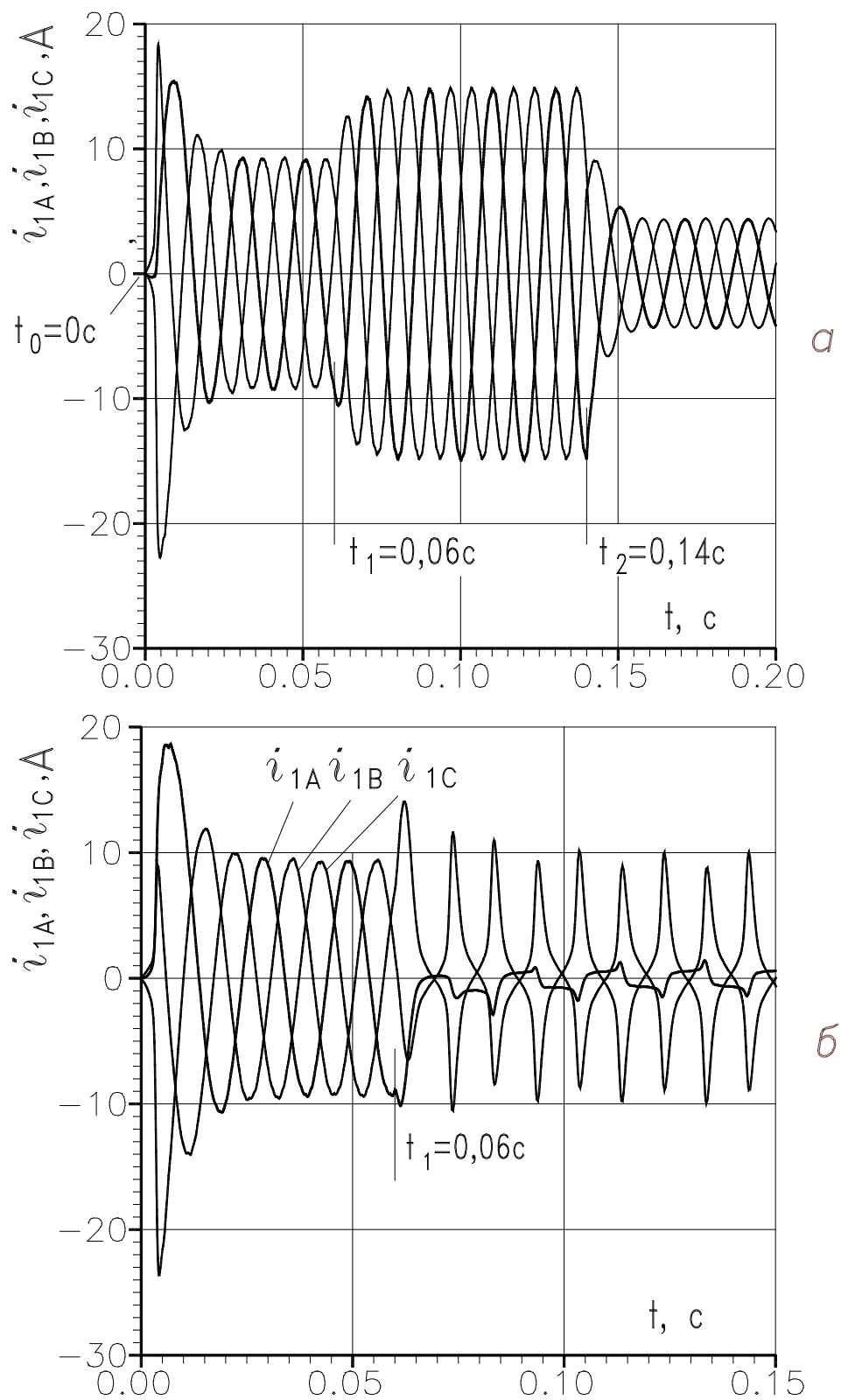


Рис. 4. Изменение линейных токов рабочей обмотки НР: в переходных процессах, начинающихся в моменты времени t_0 , t_1 , t_2 (а); при обрыве фазы А (б)

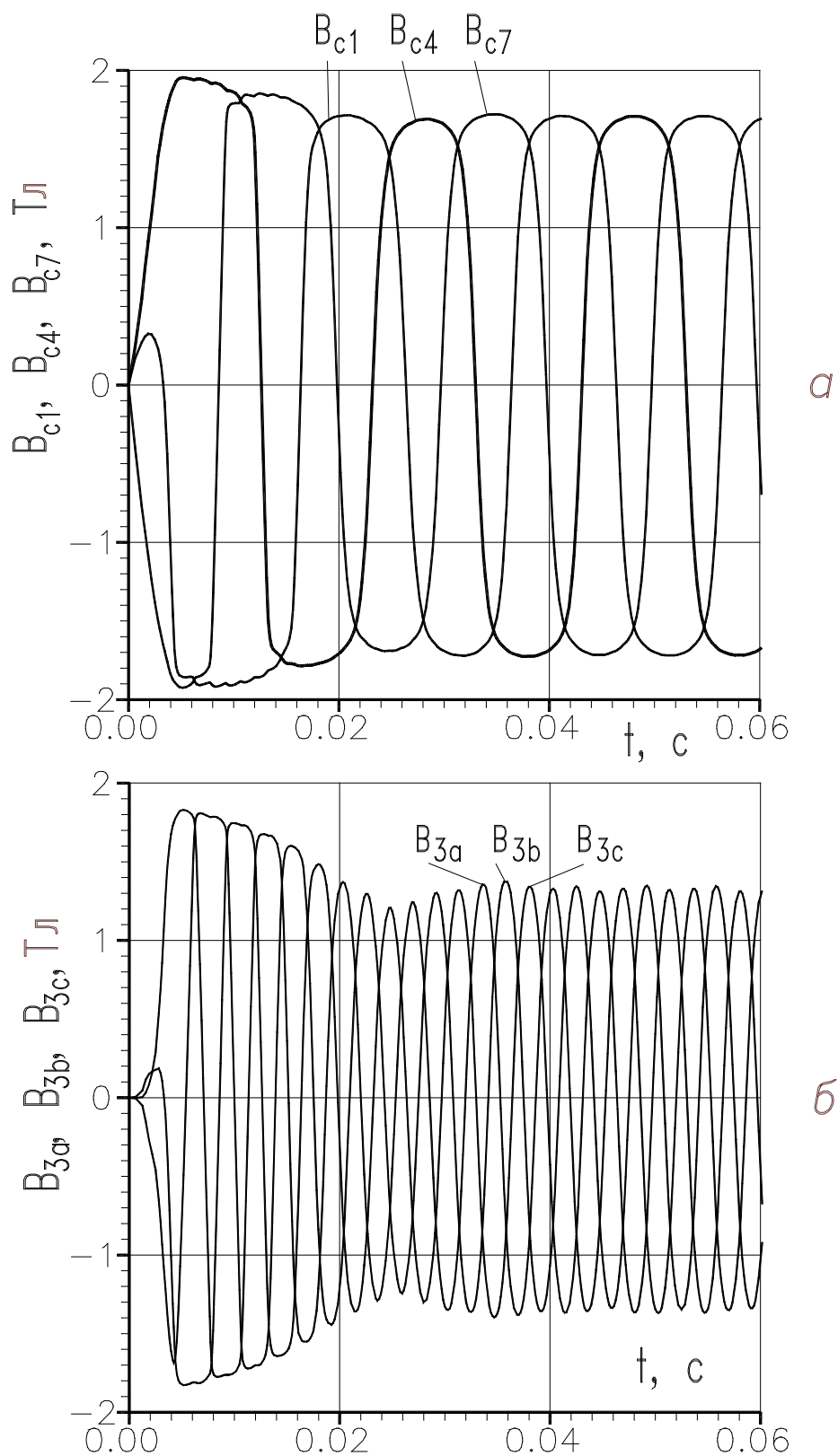


Рис. 5. Изменение магнитной индукции: в средних стержнях магнитопровода модулей НР (а);
трехфазной системы 3-ей гармоники (б)

Трехфазную систему ЭДС утроенной частоты можно снять с соответствующим образом выполненной вторичной обмотки. На этом принципе основан утроитель частоты, обладающий приемлемыми технико-экономическими показателями [Zabudsky, 2003].

Благодаря быстрому параметрическому изменению реактивной мощности реактора в функции приложенного напряжения и отсутствию параллельных ветвей в обмотке, НР обладает практически безынерционным принципом действия, что делает особенно эффективным его использование для стабилизации напряжения в сети с резкопеременной нагрузкой. Вследствие пониженного содержания высших гармоник в кривой тока, а также других положительных качеств, НР является наиболее часто используемым типом реакторов.

2. Управляемый реактор электромашинного типа

Управляемые реакторы этого типа изготавливаются на основе магнитопровода электрических машин переменного тока общепромышленного назначения. Активная часть реактора содержит магнитопровод и три обмотки: трехфазная пространственно распределенная рабочая обмотка (PO) и в общем случае две кольцевые обмотки управления (OY1 и OY2) (Рис. 6). Устройство и теория УР рассмотрены в [Mishin, 1977; Mishin, 1981; Zabudsky, 2003].

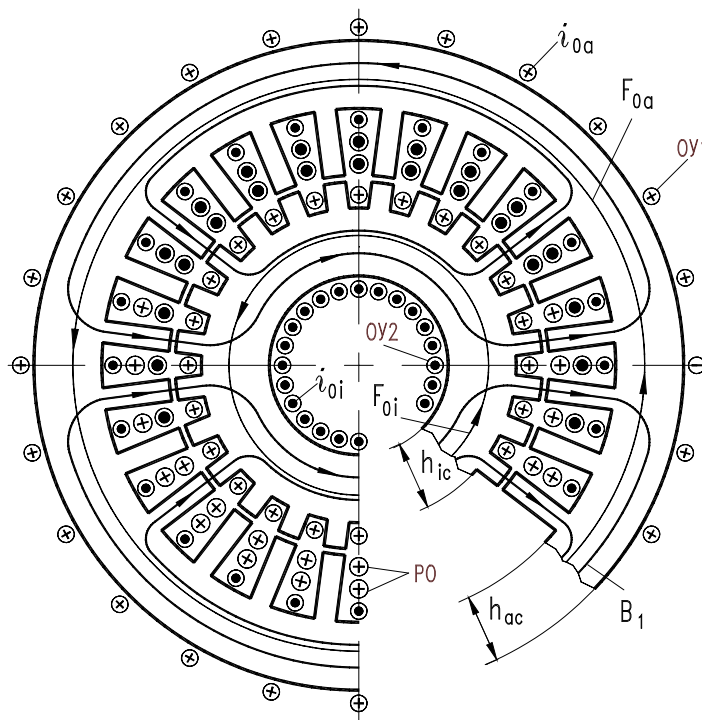


Рис. 6. Поперечное сечение активной части управляемого реактора электромашинного типа (изображение схематическое)

Трехфазная РО реактора может быть выполнена на напряжение не большее стандартного напряжения синхронного генератора, поэтому предпочтительнее использовать реактор в распределительных электросетях и в системах электроснабжения промышленных предприятий, так как в этом случае он подключается непосредственно, без промежуточного трансформатора. Реактор используется в качестве регулирующего элемента в схеме статического компенсатора реактивной мощности, в схеме параметрического стабилизатора напряжения (в этом случае обмотки управления не нужны, и устройство работает в режиме насыщающегося реактора) и др. В реакторе органично реализуется (без усложнения устройства) режим симметричного намагничивания (СН), характеризующийся отсутствием четных гармоник пространственно-временного спектра, и в индукции, и в напряженности магнитного поля при подмагничивании магнитопровода постоянным током. Реактор в режиме СН выгодно отличается от реактора в режиме вынужденного намагничивания (ВН) рядом качеств. Для реализации режима СН необходимо, чтобы при равенстве размеров поперечных сечений внешнего и внутреннего ярм, равные МДС F_{0a} и F_{0i} обмоток управления, действовали встречно относительно контура вращающегося магнитного поля.

2.1. Математическая модель электромагнитных режимов УР

Математическая модель составляется на основе эквивалентирования реального устройства электрической (Рис. 2 и Рис. 7) и магнитной (Рис. 8) схемами замещения с нелинейными сосредоточенными параметрами [Mishin, 1977; Mishin, 1981; Zabudsky, 2003]. Схема замещения трехфазной обмотки УР идентична схеме представленной на Рис. 2. На Рис. 7,а,б приведены схемы замещения кольцевых обмоток управления. Одна из них (ОУ1) уложена вокруг поперечного сечения ярма статора, другая (ОУ2) - вокруг сечения ярма ротора.

На Рис. 7,а,б приняты обозначения: 1) U_{0a} , U_{0i} – значения напряжений постоянного тока, подведенных соответственно к обмоткам ОУ1 и ОУ2; 2) i_{0a} , i_{0i} – мгновенные значения токов подмагничивания (искомые величины); 3) R_{0a} , R_{0i} – активные сопротивления обмоток ОУ1 и ОУ2; 4) $L_{\sigma 0a}$, $L_{\sigma 0i}$ – индуктивности, обусловленные магнитными потоками рассеяния обмоток ОУ1 и ОУ2 в переходном процессе; 5) $p\Psi_{0a} = -e_{0a}$, $p\Psi_{0i}$ – мгновенные значения ЭДС, индуцированных в обмотках ОУ1 и ОУ2 основными магнитными потокоцеплениями Ψ_{0a} , Ψ_{0i} этих обмоток в переходном процессе.

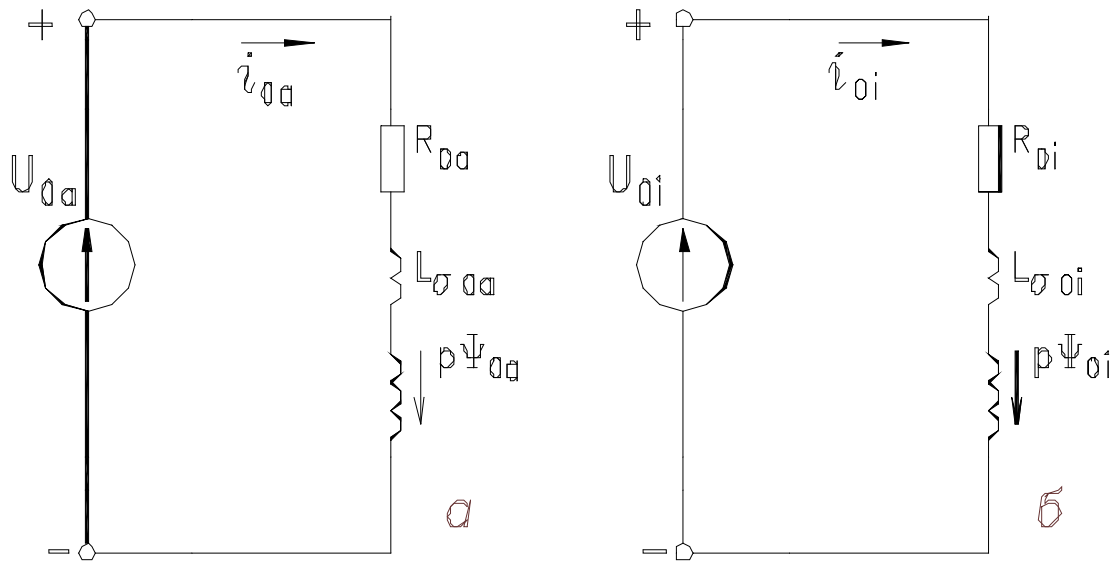


Рис. 7. Электрическая схема замещения кольцевой (тороидальной) обмотки управления ОУ1 (а) и ОУ2 (б)

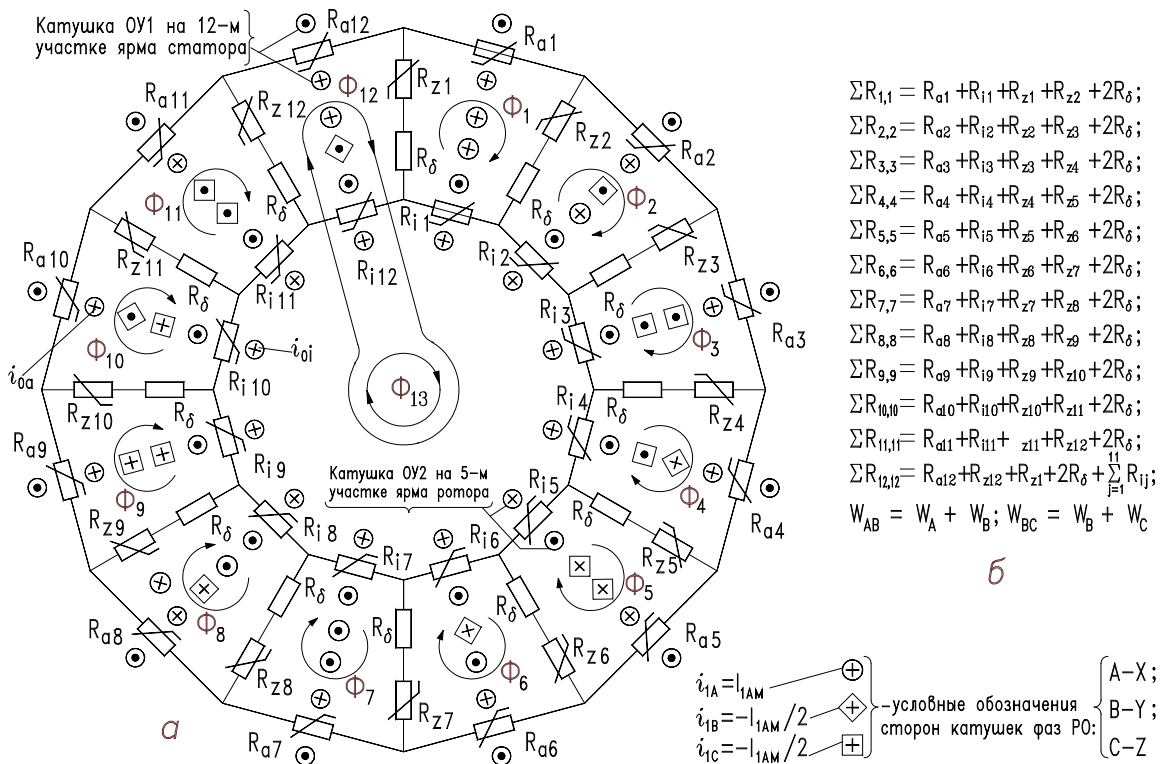


Рис. 8. Магнитная схема замещения реактора электромашинного типа (а); условные обозначения, принятые при записи системы ОДУ (3) (б)

На Рис. 8 показана схема замещения магнитной цепи УР. Приняты обозначения: 1) i_{1A}, i_{1B}, i_{1C} – мгновенные значения токов фаз двухслойной трехфазной обмотки; 2) W_A, W_B, W_C – числа витков пазовых катушек фаз двухслойной трехфазной обмотки; 3) i_{0a}, i_{0i} – мгновенные значения токов обмоток ОУ1 и ОУ2); 4) W_{0a}, W_{0i} – числа витков пазовых катушек обмоток ОУ1 и ОУ2; 5) $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{13}$ – контурные магнитные потоки (искомые величины); 6) $R_{a1}, R_{a2}, \dots, R_{a12}$ – нелинейные дифференциальные магнитные сопротивления участков ярма статора; 7) $R_{r1}, R_{r2}, \dots, R_{r12}$ – нелинейные дифференциальные магнитные сопротивления участков ярма ротора; 8) $R_{z1}, R_{z2}, \dots, R_{z12}$ – нелинейные дифференциальные магнитные сопротивления зубцов; 9) R_δ – линейное магнитное сопротивление радиального зазора между статором и ротором.

Математическая модель электромагнитных режимов реактора и явлений, возникающих при намагничивании магнитопровода, составлена аналогично модели для НР (раздел 1.1). Математическая модель – это система нелинейных ОДУ (3), включающая 18 уравнений. Неизвестными в ней являются тринадцать контурных магнитных потоков, три линейных тока двухслойной трехфазной обмотки и два тока кольцевых обмоток управления. Алгоритм и программная реализация математической модели принципиально не отличаются от таковых для НР.

Математическая модель электромагнитных режимов управляемого реактора электромашиного типа

$\Sigma R_{1,1}$	$\frac{-R_{z2}}{R_\delta}$										$\frac{-R_z}{R_\delta}$	$-R_{11}$	$-2W_A$		$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_1$			
$\frac{-R_{z2}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{2,2}$	$\frac{-R_{z3}}{R_\delta}$									$-R_{2i}$	$-R_{2i}$	$-W_A$		W_C	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_2$		
	$\frac{-R_{z3}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{3,3}$	$\frac{-R_{z4}}{R_\delta}$								$-R_{3i}$	$-R_{3i}$			$2W_C$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_3$		
		$\frac{-R_{z4}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{4,4}$	$\frac{-R_{z5}}{R_\delta}$							$-R_{4i}$	$-R_{4i}$			$-W_B$	W_C	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_4$	
			$\frac{-R_{z5}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{5,5}$	$\frac{-R_{z6}}{R_\delta}$						$-R_{5i}$	$-R_{5i}$			$-2W_B$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_5$		
				$\frac{-R_{z6}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{6,6}$	$\frac{-R_{z7}}{R_\delta}$					$-R_{6i}$	$-R_{6i}$	W_A	$-W_B$	$-W_{0a}$	W_{0i}		$p\Phi_6$		
					$\frac{-R_{z7}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{7,7}$	$\frac{-R_{z8}}{R_\delta}$				$-R_{7i}$	$-R_{7i}$	$2W_A$		$-W_{0a}$	W_{0i}		$p\Phi_7$		
						$\frac{-R_{z8}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{8,8}$	$\frac{-R_{z9}}{R_\delta}$			$-R_{8i}$	$-R_{8i}$	W_A		$-W_C$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_8$		
							$\frac{-R_{z9}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{9,9}$	$\frac{-R_{z10}}{R_\delta}$		$-R_{9i}$	$-R_{9i}$			$-2W_C$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_9$		
								$\frac{-R_{z10}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{10,10}$	$\frac{-R_{z11}}{R_\delta}$	$-R_{10i}$	$-R_{10i}$			W_B	$-W_C$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_{10}$	
									$\frac{-R_{z11}}{R_\delta}$	$\Sigma R_{11,11}$	$\frac{-R_z}{R_\delta}$	$-R_{11i}$			$2W_B$	$-W_{0a}$	W_{0i}	$p\Phi_{11}$		
$\frac{-R_{z1}}{R_\delta}$	$-R_{12}$	$-R_{13}$	$-R_{14}$	$-R_{15}$	$-R_{16}$	$-R_{17}$	$-R_{18}$	$-R_{19}$	$-R_{110}$	$\frac{-R_z}{R_\delta}$	$\Sigma R_{12,12}$	$\sum_{j=1}^{11} R_{1,j}$	$-W_A$	W_B	$-W_{0a}$	$11W_{0i}$		$p\Phi_{12}$		
	$-R_{11}$	$-R_{12}$	$-R_{13}$	$-R_{14}$	$-R_{15}$	$-R_{16}$	$-R_{17}$	$-R_{18}$	$-R_{19}$	$-R_{110}$	$-R_{111}$	$\sum_{j=1}^{11} R_{1,j}$				$12W_{0i}$		$p\Phi_{13}$		
$2W_A$	W_A		$-W_B$	$-2W_B$	$-W_{AB}$	$-2W_A$	$-W_A$		W_B	$2W_B$	W_{AB}		$L_{\delta A}$	$-L_{\delta B}$				$p\dot{i}_{1A}$	$U_{AB} - \dot{i}_{1A}(R_A + R_{AW}) + \dot{i}_{1B}(R_B + R_{BW})$	
	W_C	$2W_C$	W_{BC}	$2W_B$	W_B		$-W_C$	$-2W_C$	$-W_{BC}$	$-2W_B$	$-W_B$			$L_{\delta B}$	$L_{\delta C}$			$p\dot{i}_{1B}$	$U_{BC} - \dot{i}_{1B}(R_B + R_{BW}) + \dot{i}_{1C}(R_C + R_{CW})$	
													1	1	1			$p\dot{i}_{1C}$		
W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}	W_{0a}				L_{0a}		$p\dot{i}_{0a}$	$U_{0a} - \dot{i}_{0a}R_{0a}$	
$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$-W_{0i}$	$11W_{0i}$	$12W_{0i}$					$p\dot{i}_{0i}$	$U_{0i} - \dot{i}_{0i}R_{0i}$	

2.2. Анализ электромагнитных режимов УР

Небольшое предварительное подмагничивание УР позволяет сократить время переходного процесса [Mishin, 1981]. Приводимые ниже зависимости, полученные в результате реализации математической модели (3) на ПК, соответствуют предварительно подмагниченному магнитопроводу.

На Рис. 9,а,б приведены значения магнитной индукции B_a в поперечном сечении яра статора и B_z в поперечном сечении зубца изменяющиеся в функции времени.

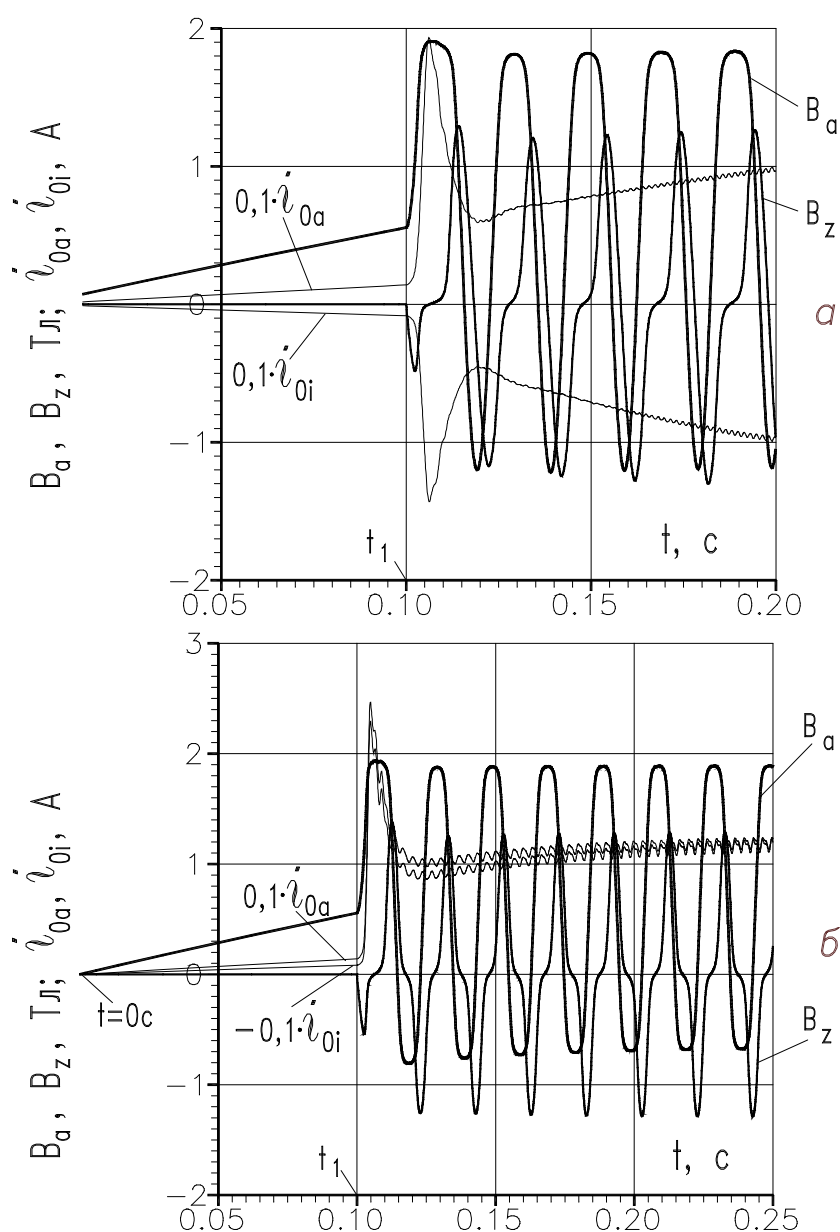


Рис. 9. Изменение индукции магнитного поля и токов подмагничивания в режимах ВН (а) и СН (б). При $t_1 = 0,1$ с рабочая обмотка предварительно подмагниченного реактора включается в сеть

Рис. 9,а соответствует режиму вынужденного намагничивания (ВН), а Рис. 9,б – режиму симметричного намагничивания (СН). Как следует из анализа кривых, в режиме ВН в магнитной индукции содержатся четные гармоники, а в режиме СН они отсутствуют, что полностью согласуется с экспериментальными данными (Рис. 10,а).

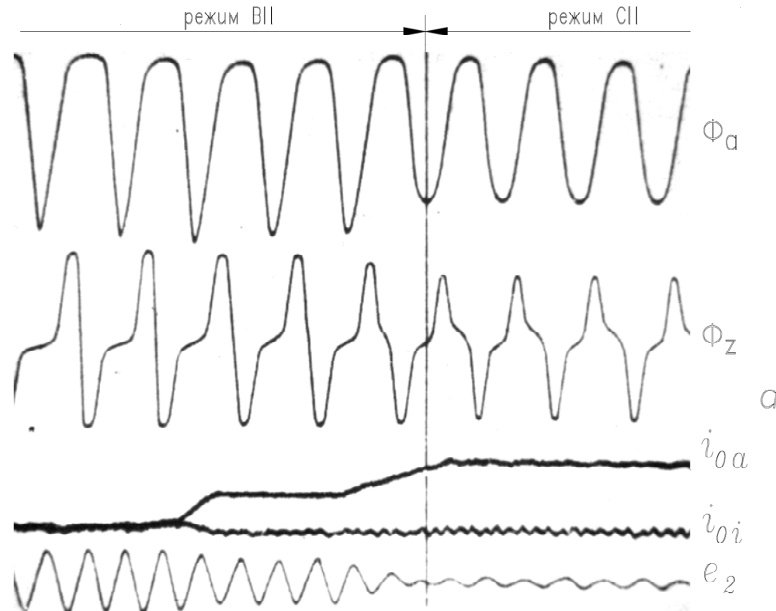


Рис. 10, а. Осциллограммы магнитного потока Φ_a и Φ_z соответственно в сечениях ярма и зубца в режимах намагничивания ВН и СН. i_{0a} , i_{0i} – токи подмагничивания в обмотках управления ОУ1 и ОУ2; e_2 – ЭДС, индуцированная 2-й гармоникой поля

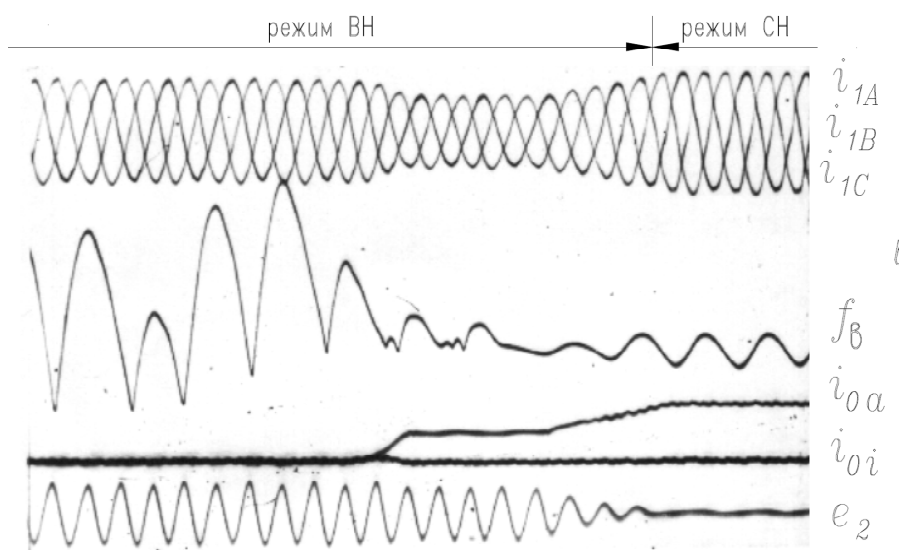


Рис. 10, б. Осциллограммы токов в фазах РО (кривые i_{1A} , i_{1B} , i_{1C}) и вибраций магнитопровода (кривая f_B) в режимах намагничивания ВН и СН

На Рис. 11,а,б показана зависимость токов, протекающих в фазах трехфазной обмотки и в обмотках управления, для следующих переходных процессов: 1) $t_0 = 0.0$ с – включение УР только на напряжения U_{0a} , и U_{0i} постоянного тока; 2) $t_1 = 0.1$ с – включение УР на трехфазное напряжение; 3) $t_2 = 0.17$ с – обрыв фазы А питающего напряжения. Рис. 11,а соответствует режиму ВН, а Рис. 11,б – режиму СН при прочих одинаковых условиях. Как следует из сопоставления кривых, реактор в режиме СН отличается следующими достоинствами: 1) в режиме СН токи подмагничивания и ток трехфазной рабочей обмотки принимают установившееся значение ~ через 0.015 с после подачи трехфазного напряжения, а в режиме ВН это время существенно больше; 2) диапазон регулирования тока в режиме СН больше, чем в режиме ВН примерно на 15...20 %; 3) отсутствием “трясущих” вибраций магнитопровода, что подтверждается данными эксперимента (рис. 10,б). При обрыве фазы А питающего напряжения в обоих режимах намагничивания в токах подмагничивания появляются четные гармоники, а в линейных токах – нечетные гармоники, кратные трем, и работа реактора становится невозможной.

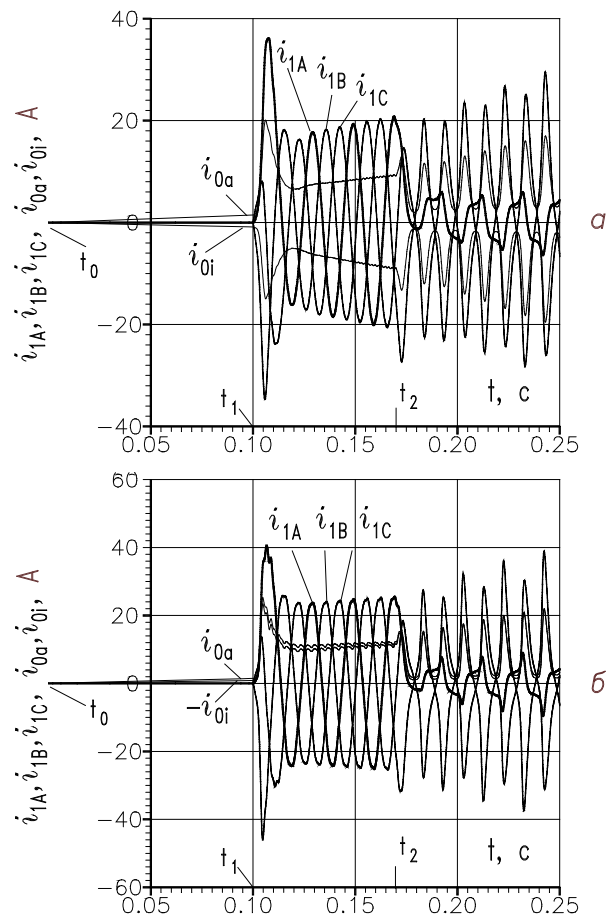


Рис. 11. Изменение трехфазного тока и токов подмагничивания в режимах ВН (а) и СН (б). При $t_1 = 0,1$ с рабочая обмотка предварительно подмагниченного реактора включается в сеть

Изготовлены на основе пространственного витого магнитопровода производства Минского трансформаторного завода два совмещенных управляемых реактора-трансформатора на мощность 250 кВ·А, напряжение 10/0,4 кВ (фотография на Рис. 12) [Zabudsky, 2003]. На стороне высокого напряжения включены батареи конденсаторов 3x100 квар, 6,3 кВ. Устройства установлены на подстанциях в распределительных электросетях с целью выполнения следующих функций: трансформация напряжения, компенсация реактивной мощности, улучшение качества электроэнергии.



Рис. 12. Фотография активной части совмещенного управляемого реактора-трансформатора УРТ-250/10

Выводы

1. Разработаны обобщенная математическая модель, ее алгоритм и программная реализация, электромагнитных режимов устройств с шихтованным магнитопроводом произвольной конструкции и уложенными на нем обмотками.
2. Проанализированы важные для практики нормальные установившиеся электромагнитные режимы работы реакторов; переходные процессы, возникающие при коммутациях в цепях обмоток; несимметричные режимы, обусловленные несимметрией питающей сети, самих устройств и нагрузки; явления, возникающие при намагничивании магнитопроводов; даны рекомендации по воздействию на качество электромагнитных процессов осуществлением различных режимов намагничивания и пр.
3. Установлено, что качественно электромагнитные процессы в реакторах трансформаторного и электромашинного типов протекают практически одинаково. Поэтому исследования реакторов этих типов осуществляются параллельно, дополняя друг друга, что способствует более полному изучению устройств, развитию их теории и улучшению технико-экономических показателей. Вместе с тем, выявлены количественные различия в характерах электромагнитных процессов, обусловленные схмотехническими и конструктивными особенностями реакторов указанных типов.
4. Адекватность математической модели подтверждается экспериментальными данными и определяется в основном принятыми допущениями, в соответствии с которыми устройства трактуются как электрические и магнитные цепи с нелинейными сосредоточенными параметрами. При принятых допущениях быстродействие программной реализации модели является вполне приемлемым.
5. При вводе в обобщенную математическую модель дифференциального уравнения движения, возможно исследовать, при соответствующей коррекции ее, не только электромагнитные, но и электромеханические режимы работы электрических машин, контакторов, реле и др.

Библиография

- [Mishin, 1977] Мишин В.И., Забудский Е.И., Собор И.В. Трехфазные управляемые реакторы. Кишинев: Штиинца, 1977, 133 с.
- [Mishin, 1981] Мишин В.И., Собор И.В., Забудский Е.И. Математическое моделирование статических ферромагнитных устройств. Кишинев: Штиинца, 1981, 104 с.
- [Zabudsky, 2003] Забудский Е.И. Совмещенные регулируемые электромагнитные реакторы. Москва: Энергоатомиздат, 2003, 436 с.
- [Zabudsky, 2013] Evgeny Zabudsky. Controlled Electro-Magnetic Reactors Optimization Based on Mathematical Modeling of the Magnetic Field // International Journal "Information Technologies & Knowledge" Vol. 7, Number 2, ITNEA, Sofia (Bulgaria), 2013, pp. 152-171.

Информация об авторе



Евгений Забудский — профессор, доктор техн. наук; Российский университет Дружбы народов, кафедра Кибернетики и мехатроники; 117923, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3; e-mail: zei@inbox.ru

Направление научной работы — Регулируемые электромагнитные устройства для управления режимами электроэнергетических систем; компьютерные и информационные технологии в образовании; web-сайт: <http://zei.narod.ru>

Modeling and Analysis of Electromagnetic Modes of Electric Power Devices

Evgeny Zabudsky

Abstract: Generalized mathematical model of the electromagnetic modes of devices with interleaved core of an arbitrary design with placed windings is created. Algorithm and software implementation of the model are developed. Practically important normal electromagnetic steady-state modes of reactors' operation, transient processes occurring at commutation within the winding circuits, non-symmetrical modes determined by non-symmetry of the supplied circuitry, and phenomena originating due to magnetic core magnetization are analyzed. Recommendations on electrical processes quality influencing with different magnetization modes are provided.

Keywords: controlled reactor, electromagnetic mode, mathematical model.

TABLE OF CONTENTS

<i>Multilevel Sensor Networks for Precision Farming and Environmental Monitoring</i>	
Volodymyr Romanov, Valeriya Gribova, Igor Galelyuka, Oleksandr Voronenko.....	3
<i>EMGNeu: Mobile Health Application for Neuromuscular Disorders Diagnosis</i>	
Nahla F. Abdel-Maboud, Bassant Mohamed ELBagoury, Mohamed Roushdy, Abdel-Badeeh M. Salem	11
<i>Agent-Based Model of Economics: Market Mechanisms, Decision Making, Taxation</i>	
Leonid Hulianytskyi, Diana Omelianchyk.....	25
<i>Knowledge Representation in the Automated Learning Systems</i>	
Vitalii Lytvynov, Iryna Posadska	34
<i>IT Projects-Base Continuous Learning at the Chernobyl NPP</i>	
Maxim Saveliev, Vitalii Lytvynov	44
<i>Four Intellectual Products Dialogue, Knowledge, Wisdom and Solution</i>	
George Bejitashvili, David Khelashvili	54
<i>Многокритериальные методы конкурсного отбора проектов в научном фонде</i>	
Алексей Петровский, Виктор Бойченко, Алла Заболеева-Зотова, Татьяна Шитова.....	59
<i>Исследование и проверка подлинности защитных голограмм</i>	
Роман Телятников, Иван Шумский, Михаил Беляцкий, Юрий Карякин.....	72
<i>Моделирование и анализ электромагнитных режимов электроэнергетических устройств</i>	
Евгений Забудский.....	80
Table of contents	100