

INTELLECTUAL SYSTEMS FOR DECISION MAKING  
AND PROBLEMS OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

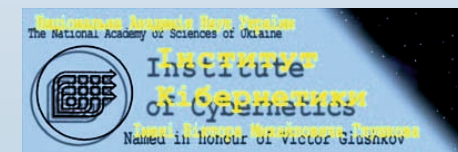
Матеріали міжнародної наукової конференції  
Материалы международной научной конференции  
Conference proceedings

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА  
ПРОБЛЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И  
ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА

INTELLECTUAL SYSTEMS FOR DECISION MAKING AND  
PROBLEMS OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE

(ISDMCI'2017)



Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
ІТС Міжнародний Центр НАН та МОН України

ISBN 978-617-7273-61-4



9 786177 273614

ISDMCI  
2017

May 22-26 2017  
Zaliznyi Port, Ukraine

22-26 мая 2017  
Железный Порт, Украина

22-26 травня 2017  
Залізний Порт, Україна

**International Conference**

**INTELLECTUAL SYSTEMS  
FOR DECISION MAKING AND PROBLEMS  
OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE**

**ISDMCI'2017**

**Conference proceedings**

**Analysis and modeling of complex systems and processes**

**Theoretical and applied aspects of decision-making systems**

**Computational intelligence and inductive modeling**

**Zaliznyj Port – 2017**

**THE CONFERENCE ORGANIZERS:**

**Black Sea Scientific Research Society  
Kherson National Technical University**

**CO-ORGANIZERS OF THE CONFERENCE:**

**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Southern Scientific Center of NAS of Ukraine and the MES of Ukraine  
Computer Academy STEP  
State Ecological Academy of Post-Graduate Education of Management  
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine  
Kharkiv National University of Radio Electronics  
National Metallurgical Academy of Ukraine (Dnepropetrovsk)  
Lviv Polytechnic National University  
Odesa National Polytechnic University  
Uzhhorod National University  
Lublin University of Technology (Poland)  
University of Zilina (Slovakia)  
National Aviation University (Kyiv)  
Public Academy of Sciences (Lodz, Poland)  
Lodz Polytechnic University (Poland)  
National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv)  
International Research and Training Center for Information Technologies and Systems  
of the National Academy of Sciences (NAS) of Ukraine  
and Ministry of Education and Science (MES) of Ukraine (Kyiv)  
Petro Mohyla Black Sea State University (Mykolaiv)  
Lviv State University of Life Safety  
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University**

**INTELLECTUAL SYSTEMS FOR DECISION MAKING AND  
PROBLEMS OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE**

**ISDMCI'2017**

**International Conference**

Intellectual Systems for Decision Making and Problems of Computational Intelligence:  
Conference Proceedings.– Kherson: PP Vyshemirsky V. S., 2017. – 348 pp.

**ISBN 978-617-7273-61-4**

**Международная научная конференция**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОБЛЕМЫ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**ISDMCI'2017**

**Сборник научных трудов**

**Анализ и моделирование сложных систем и процессов**

**Теоретические и прикладные аспекты  
систем принятия решений**

**Вычислительный интеллект и индуктивное моделирование**

**Железный Порт – 2017**



## **ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:**

Причерноморское научно-исследовательское общество  
Херсонский национальный технический университет

## **СООРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:**

Министерство образования и науки Украины  
Южный научный центр НАН Украины и МОН Украины  
Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины  
Высшее учебное заведение «Компьютерная академия ШАГ»  
Государственная экологическая академия последипломного образования и  
управления  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Национальная металлургическая академия Украины (г. Днепропетровск)  
Одесский национальный политехнический университет  
Львовский национальный университет «Львовская политехника»  
Ужгородский национальный университет  
Люблинский университет технологий (Польша)  
Жилинский университет (Словакия)  
Национальный авиационный университет (г. Киев)  
Общественная Академия Наук (Лодзь, Польша)  
Лодзинский политехнический университет (Польша)  
Национальный технический университет Украины «КПИ» (г. Киев)  
Международный научно-учебный центр  
информационных технологий и систем НАН и МОН Украины (г. Киев)  
Черноморский государственный университет им. Петра Могилы (г. Николаев)  
Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности  
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**ISDMCI'2017**

### **Международная научная конференция**

Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта: Материалы международной научной конференции. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2017. – 348 с.

ISBN 978-617-7273-61-4

**Міжнародна наукова конференція**

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ  
ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ПРОБЛЕМИ  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

**ISDMCI'2017**

**Збірка наукових праць**

**Аналіз та моделювання складних систем і процесів  
Теоретичні і прикладні аспекти систем прийняття рішень  
Обчислювальний інтелект та індуктивне моделювання**

**Херсон  
ПП Вишемирський В.С.  
2017**

УДК 004.89  
ББК 32.813  
І 73

### **ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Причорноморське науково-дослідне товариство  
Херсонський національний технічний університет

### **СПІВОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:**

Міністерство освіти і науки України  
Південний науковий центр НАН України і МОН України  
Вищий навчальний заклад «Комп'ютерна академія ШАГ»  
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління  
Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України  
Харківський національний університет радіоелектроніки  
Національна металургійна академія України (м.Дніпропетровськ)  
Львівський національний університет «Львівська політехніка»  
Одеський національний політехнічний університет  
Ужгородський національний університет  
Люблінський університет технологій (Польща)  
Жилінський університет (Словаччина)  
Національний авіаційний університет (м.Київ)  
Громадська Академія Наук (Лодзь, Польща)  
Лодзький політехнічний університет (Польща)  
Національний технічний університет України «КПІ» (м.Київ)  
Міжнародний науково-навчальний центр  
інформаційних технологій і систем НАН і МОН України (м.Київ)  
Чорноморський державний університет ім. Петра Могили (м.Миколаїв)  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І ПРОБЛЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

**ISDMCI'2016**

### **Міжнародна наукова конференція**

**І 73** **Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту:**  
Матеріали міжнародної наукової конференції. – Херсон: Видавництво  
ПП Вишемирський В. С., 2017. – 348 с.

**ISBN 978-617-7273-61-4**

У збірнику представлені матеріали наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту», яка відбулася у с. Залізний Порт 22-26 травня 2017 р. та була присвячена актуальним питанням сучасних методів прийняття рішень та інформаційних технологій.

Матеріали збірки розраховані на викладачів та студентів вищих навчальних закладів, фахівців науково-дослідних установ та підприємств

**УДК 004.89  
ББК 32.813**

**ISBN 978-617-7273-61-4**

© ISDMCI, 2017  
© ПП Вишемирський В. С., 2017

## СЕКЦІЯ „АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ”

ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-  
OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTIONAzarskov V.N.<sup>1</sup>, Blokhin L.N.<sup>2</sup>, Kurganskyi A.U.<sup>3</sup>, Rudyuk G.I.<sup>4</sup><sup>1,2</sup>National Aviation University, Kosmonavta Komarova avenue 1, 03058, Kyiv, Ukraine<sup>3,4</sup>ANTONOV Company, 1, Tupolev Str., Kyiv, 03062, Ukrainee-mail: <sup>1</sup>azarskov@nau.edu.ua, <sup>3</sup>kurganskyi@antonov.com, <sup>4</sup>rudyuk@antonov.com

**Introduction.** The problem of professional training of operators to control aviation and space objects is definitely very important [1]. An operator is the only who takes the most difficult and responsible decisions on the object control, and not only the fulfillment of assigned mission depends on the accuracy of his actions for in-time finding and implementing the appropriate solution, but also the integrity of the object itself and safety of people in certain cases. Operator's enhanced role in controlling complex dynamic objects raises the problem of upgrading methodical and technical means of operator training. Trainers and flight simulators with motion systems, which are widely used not only in aviation and astronautics but also in other fields, are among the most effective means of operator training, considering real operating conditions. Modern dynamic flight simulators and disturbed flight trainers are complex multidimensional systems intended for operation in conditions of stochastic influences. One of the main purposes of such systems is providing dynamic conditions of real stochastically disturbed flight during ground tests and analysis of airborne control systems.

Normally, the scaled-down simulating systems combine the functions of simulators and trainers that make it possible to use the system as a flight simulator or a trainer as appropriate.

**Problem statement.** Five-degree-of-freedom stand simulator of (manned) spacecraft real motions is a necessary and complex test system for preflight training of astronauts. As a rule, such stand simulates translational motions of the object height and one of linear horizontal coordinates, as well as rotary motions of the object heading, pitch and roll. Figure 1 below shows kinematic scheme of the spacecraft stand simulator suspension. Translational coordinates of the stand motion are shown as  $z$  and  $y$ , and rotary motions are shown as  $\psi$ ,  $\vartheta$  and  $\gamma$ .

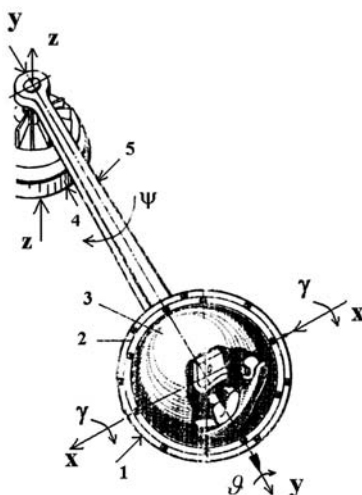


Fig. 1. Kinematic scheme of the suspension of five-degree-of-freedom stand simulator of the spacecraft flight

1. The axis of rotation  $\gamma\gamma$  coincides with the axis  $xx$ .
2. The axis of rotation  $\vartheta\vartheta$  is directed along the axis  $\gamma\gamma$ .
3. The cabin also rotates about the axis  $\gamma\gamma$ .
4. The fifth motion is performed by rotation of the arm 5 together with the gimbal suspension and the cabin about the vertical axis  $zz$ .

It should be noted that the action of all five coordinates of the stand simulator motions as perceived by the astronaut during training are actually concentrated in the point of sitting located on the inner platform of the gimbal

suspension and are perceived by the astronaut in complex. This circumstance actually defines the nature of perception of the stand simulator motion actions by the astronaut.

Control paths for any of five coordinates of the stand are similar to a considerable extent. It is expedient to upgrade any of them as follows [2]. Figure 2 below shows flow chart of any of five upgraded paths,  $\zeta$  for example.

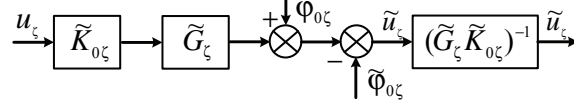


Fig. 2. Flow chart of upgraded path for setting the stand simulator motion program  $u_\zeta$  (index «~» marks the elements to be adjusted during the path testing)

Fourier-transformed differential equation that describes transformation of the input signal  $u_\zeta$  into the output signal  $\tilde{u}_\zeta$  has the following form:

$$\tilde{u}_\zeta = (\tilde{G}_\zeta \tilde{K}_{0\zeta})^{-1} (\tilde{G}_\zeta \tilde{K}_{0\zeta} u_\zeta + \varphi_{0\zeta} - \tilde{\varphi}_{0\zeta}) \approx u_\zeta + (\tilde{G}_\zeta \tilde{K}_\zeta)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_{0\zeta}} \quad (1)$$

The following elements are introduced into the equation (1):  $\tilde{K}_{0\zeta}$  is frequency response of the setter of program  $u_\zeta$  for the stand simulator motion along the coordinate  $\zeta$ ;  $\tilde{G}_\zeta$  is frequency response of servo actuator in the examined path of the stand simulator motion;  $\varphi_{0\zeta}$  is frequency response of the disturbance signal for setting program  $u_\zeta$ ;  $\tilde{\varphi}_{0\zeta}$  is the evaluation of frequency response of the disturbance signal  $\varphi_{0\zeta}$  as per results of the path testing;  $\tilde{\theta}_{\varphi_{0\zeta}}$  is the difference in frequency response of disturbance signals  $\varphi_{0\zeta}$  and  $\tilde{\varphi}_{0\zeta}$ . Frequency response of the vector of signals  $\tilde{u}_0$  for the stand simulator motion program setting has the following form [3]:

$$\tilde{u}_0 = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (\tilde{G}_1 \tilde{K}_{01})^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_{01}} \\ (\tilde{G}_2 \tilde{K}_{02})^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_{02}} \\ (\tilde{G}_1 \tilde{K}_{03})^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_{03}} \\ (\tilde{G}_1 \tilde{K}_{04})^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_{04}} \\ (\tilde{G}_1 \tilde{K}_{05})^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_{05}} \end{bmatrix} \approx u_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \cdot \tilde{\theta}_{\varphi_0}. \quad (2)$$

The system of Fourier-transformed and linearized differential equations of the stand simulator motion has the following form:

$$P_0 \tilde{x}_0 = M_0 \tilde{v}_0 + \psi_0, \quad (3)$$

it defines the flow chart of the spacecraft motion stand simulator as follows (Fig. 3):

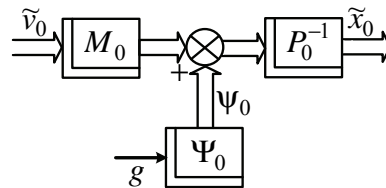


Fig. 3. Flow chart of the spacecraft motion stand simulator as the control object (here  $g = 1$  if action  $\bar{\psi}_0$  is determinate and  $g = \Delta$  (white noise) if action  $\dot{\psi}_0$  is random stationary)

It is expedient to introduce the following designations:

$$\Phi_{10} = P_0^{-1} M_0, \quad \psi_0 = \Psi_0 g, \quad \Phi_{20} = P_0^{-1} \Psi_0 \quad (4)$$

where  $\Phi_{10}$  and  $\Phi_{20}$  are frequency response matrices of the stand simulator for control and disturbance.

Considering the designations (4), the system of differential equations (3) can be written in the following form:

$$\tilde{x}_0 = \Phi_{10} \tilde{v}_0 + \Phi_{20} g = (\Phi_{10} \Phi_{20}) \begin{pmatrix} \tilde{v}_0 \\ g \end{pmatrix} = V_0 \tilde{z}. \quad (5)$$

Flow chart of the stand simulator control system considering the upgraded input paths of the motion program setting and the upgraded paths of measurements of the output signal vectors of the control object is shown in Figure 4.

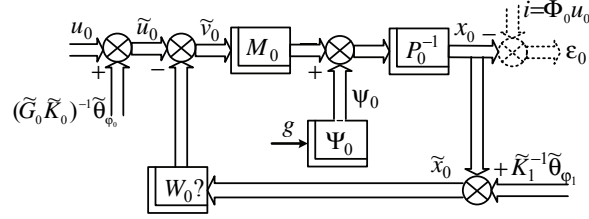


Fig. 4. Flow chart of the coordinate control system of the spacecraft motion stand simulator

Frequency response of the equivalent vector of control system disturbance when reducing it to the stabilization system is as follows:

$$\begin{aligned}\eta_0 &= M_0[u_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_0}] + \Psi_0 g + P_0 \tilde{K}_1^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_1}; \\ \eta_{0*} &= [u_{0*} + \tilde{\theta}_{\phi_0*} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] M_{0*} + g_* \Psi_{0*} + \tilde{\theta}_{\phi_1*} \tilde{K}_1^{-1*}; \\ \eta_{00} &= (P_0^{-1}) \eta_0 = \Phi_{10}[u_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_0}] + \Phi_{20} g + \tilde{K}_1^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_1}.\end{aligned}\quad (6)$$

The equivalent flow chart of the stand simulator motion stabilization system will have the following form (Fig. 5):

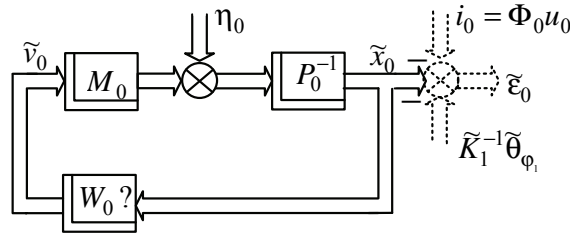


Fig. 5. Equivalent flow chart of the stand simulator motion stabilization system

It is expedient to introduce the following designations:

$$\tilde{v}_0 = F_{\tilde{v}_0} \eta_0; \quad \tilde{x}_0 = F_{\tilde{x}_0} \eta_0; \quad W_0 = F_{\tilde{v}_0} (F_{\tilde{x}_0})^{-1};$$

and also the equation of constraints of matrices:

$$F_{\tilde{x}_0} = \Phi_{10} F_{\tilde{u}_0} + P_0^{-1}; \quad (7)$$

and the expression:

$$W_0 = F_{\tilde{v}_0} (\Phi_{10} F_{\tilde{v}_0} + P_0^{-1})^{-1}. \quad (8)$$

Frequency response of the simulation error signal vectors under determinate actions will have the following form:

$$\begin{aligned}\tilde{\epsilon}_0 &= \tilde{x}_0 - \Phi_0 \tilde{u}_0 - \tilde{K}_1^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_1} = \\ &= \Phi_{10} \bar{F}_{\tilde{v}_0} \bar{\eta}_0 + \Phi_{10} [\bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_0}] + \Phi_{20} g - \Phi_0 \tilde{u}_0 = \\ &= \Phi_{10} \bar{F}_{\tilde{v}_0} \bar{\eta}_0 + \Phi_{10} [\bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_0}] - \Phi_0 \tilde{u}_0,\end{aligned}\quad (9)$$

$$\begin{aligned}\bar{\epsilon}_{0*} &= \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{\tilde{v}_{0*}} \Phi_{10*} + [\bar{u}_{0*} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\phi_{0*}}] \Phi_{10*} - \bar{u}_{0*} \Phi_{0*}. \\ \bar{v}_0 &= \bar{F}_{\tilde{v}_0} \bar{\eta}_0; \quad \bar{v}_{0*} = \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{\tilde{v}_{0*}}.\end{aligned}\quad (10)$$

The simulation quality index (quality functional) under determinate actions has the following form:

$$\bar{I} = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} \text{tr} (\tilde{\epsilon}_0 \tilde{\epsilon}_{0*} \bar{R} + \tilde{v}_0 \tilde{v}_{0*} \bar{C}) ds, \quad s = j\omega. \quad (11)$$

The quality functional of the spacecraft motion simulation under random stationary actions has the following form:

$$\dot{e} = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr(S'_{\varepsilon_0 \varepsilon_0} \overset{\circ}{R} + S'_{v_0 v_0} \overset{\circ}{C}) ds, \quad (12)$$

where  $S'_{\varepsilon_0 \varepsilon_0}$  and  $S'_{v_0 v_0}$  are spectral density matrices of vectors  $\overset{\circ}{\varepsilon}_0$  and  $\overset{\circ}{v}_0$ .

By analogy with the expression (9), frequency response of signal vectors  $\overset{\circ}{\varepsilon}_0$  and  $\overset{\circ}{v}_0$  has the following form:

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{\varepsilon}_0 &= \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{\eta}_0 + \Phi_{10} [\overset{\circ}{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \Phi_0 \overset{\circ}{u}_0; \\ \overset{\circ}{\varepsilon}_{0*} &= \overset{\circ}{\eta}_{0*} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + [\overset{\circ}{u}_{0*} + \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \overset{\circ}{u}_{0*} \Phi_{0*}, \end{aligned} \quad (13)$$

and the transposed matrices of spectral densities of signal vectors  $\overset{\circ}{\varepsilon}_0$  and  $\overset{\circ}{v}_0$  are as follows:

$$\begin{aligned} S'_{\varepsilon_0 \varepsilon_0} &= \langle \overset{\circ}{\varepsilon}_0 \overset{\circ}{\varepsilon}_0^* \rangle = \langle \{ \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{\eta}_0 + \Phi_{10} [\overset{\circ}{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \Phi_0 \overset{\circ}{u}_0 \} \\ &\{ \overset{\circ}{\eta}_{0*} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + [\overset{\circ}{u}_{0*} + \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \overset{\circ}{u}_{0*} \Phi_{0*} \} \rangle = \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} S'_{\eta_0 \eta_0} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + \\ &+ \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} [S'_{\eta_0 u_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\theta_{\varphi_0} \varphi_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} \tilde{S}'_{\eta_0 u_0} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{0*} + \\ &+ \Phi_{10} [S'_{u_0 \eta_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\theta_{\varphi_0} \varphi_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + \Phi_{10} [S'_{u_0 u_0} + 0 + 0 + \\ &+ (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\theta_{\varphi_0} \varphi_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \Phi_{10} (S'_{u_0 u_0} + 0) \Phi_{0*} - \Phi_0 \tilde{S}'_{u_0 \eta_0} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} - \\ &- \Phi_0 (S'_{u_0 u_0} + 0) \Phi_{10*} + \Phi_0 S'_{u_0 u_0} \Phi_{0*}; \\ S'_{v_0 v_0} &= \langle \overset{\circ}{v}_0 \overset{\circ}{v}_{0*} \rangle = \langle \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{\eta}_0 \overset{\circ}{\eta}_{0*} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}} \rangle = \overset{\circ}{F}_{v_0} S'_{\eta_0 \eta_0} \overset{\circ}{F}_{v_{0*}}. \end{aligned} \quad (14)$$

### Synthesis of the optimized structure of the regulator in the equivalent stabilization system of the spacecraft motion stand simulator under determinate actions

Substitution of expressions (9) and (10) into the functional (11) presents the functional in the following form:

$$\begin{aligned} \bar{I} &= \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr(\{ \Phi_{10} \bar{F}_{v_0} \bar{\eta}_0 + \Phi_{10} [\bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \Phi_0 \bar{u}_0 \} \\ &\{ \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + [\bar{u}_{0*} + \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \bar{u}_{0*} \Phi_{0*} \} \bar{R} + \\ &+ \bar{F}_{v_0} \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{v_{0*}} \bar{C}) ds = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr(\{ \Phi_{10} \bar{F}_{v_0} \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + \\ &+ \Phi_{10} \bar{F}_{v_0} [\bar{\eta}_0 \bar{u}_{0*} + \bar{\eta}_0 \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \Phi_{10} \bar{F}_{v_0} \bar{\eta}_0 \bar{u}_{0*} \Phi_{0*} + \\ &\Phi_{10} [\bar{u}_0 \bar{\eta}_{0*} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0} \bar{\eta}_{0*}] \bar{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} + \Phi_{10} [\bar{u}_0 \bar{u}_{0*} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0} \bar{u}_{0*} + \\ &\bar{u}_0 \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0} \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \Phi_{10} [\bar{u}_0 \bar{u}_{0*} + \\ &+ (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0} \bar{u}_{0*}] \Phi_{0*} - \Phi_0 \bar{u}_0 \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{v_{0*}} \Phi_{10*} - \Phi_0 [\bar{u}_0 \bar{u}_{0*} + \bar{u}_0 \tilde{\theta}_{\varphi_{0*}} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} + \\ &+ \Phi_0 \bar{u}_0 \bar{u}_{0*} \Phi_{0*} \} \bar{R} + \bar{F}_{v_0} \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{v_{0*}} \bar{C}) ds. \end{aligned} \quad (16)$$

The problem of synthesis of the optimized (or optimum) structure of the regulator in the equivalent stabilization system of the stand simulator motions under determinate actions can be solved using Wiener-Kolmogorov method [4]. The first variation of the functional (16) has the following form:

$$\begin{aligned}
\delta\bar{I} = & \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left( (\Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}) \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*} + \right. \\
& + \Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} [\bar{u}_0 \bar{\eta}_{0*} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0} \bar{\eta}_{0*}] - \\
& - \Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} \bar{u}_0 \bar{\eta}_{0*} \} \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} \{ \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{\bar{v}_0} \times \\
& \times (\Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}) + [\bar{\eta}_0 \bar{u}_0 + \bar{\eta}_0 \tilde{\theta}_{\varphi_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \times \\
& \times \Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} - \bar{\eta}_0 \bar{u}_0 \Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} \} \} ds.
\end{aligned} \tag{17}$$

The following designations are introduced into the variation (17):

$$\begin{aligned}
\bar{\Gamma}_* \bar{\Gamma} &= \Phi_{10} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}; \quad \bar{D} \bar{D}_* \approx \bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*}, \quad \text{and } |\bar{\eta}_0 \bar{\eta}_{0*}| = 0; \\
\bar{T} &= \bar{T}_0 + \bar{T}_+ + \bar{T}_- \approx \Phi_{10} \bar{R} \{ \Phi_{10} [\bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \Phi_{10} \bar{u}_0 \} \bar{\eta}_{0*} (\bar{D}_*)^{-1}.
\end{aligned} \tag{18}$$

Considering the designation (18), the variation (17) will take the following form:

$$\delta\bar{I} = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left[ \bar{\Gamma}_* (\bar{\Gamma} \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{D} + \bar{T}) \bar{D}_* \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} + \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{D} (\bar{D}_* \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\Gamma}_* + \bar{T}_*) \bar{\Gamma} \right] ds,$$

and the condition of approximate equality of the variation to zero will be as follows:

$$\bar{\Gamma} \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{D} \approx -(\bar{T}_0 + \bar{T}_+).$$

The synthesis algorithm for the optimum structure of matrix  $\hat{F}_{\bar{v}_0}$  has the following form:

$$\hat{F}_{\bar{v}_0} \approx -\bar{\Gamma}^{-1} (\bar{T}_0 + \bar{T}_+) \bar{D}_*^{-1},$$

The equation of constraints of matrices  $\hat{F}_{\bar{v}_0}$  and  $\bar{F}_{\bar{x}_0}$  is as follows:

$$\bar{F}_{\bar{x}_0} = \Phi_{10} \bar{F}_{\bar{v}_0} + P_0^{-1},$$

and the optimized structure  $\hat{W}_0$  of the regulator in the stabilization system will have the following form:

$$\hat{W}_0 = \hat{F}_{\bar{v}_0} (\hat{F}_{\bar{x}_0})^{-1} \approx \hat{F}_{\bar{v}_0} (\Phi_{10} \hat{F}_{\bar{v}_0} + P_0^{-1})^{-1}. \tag{19}$$

Thereby, the set problem of synthesis of the optimized structure of the regulator is solved.

**Partial version of the problem of synthesis of the optimum structure of the regulator in the equivalent stabilization system of the spacecraft stand simulator motions under determinate actions**

Let all features of signal vector  $\bar{\eta}_0$  lie in only left half plane of complex variable  $s = j\omega$ . Then the first variation (17) can be rewritten as follows:

$$\begin{aligned}
\delta\bar{I} = & \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left( (\Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}) \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 + \Phi_{10*} \bar{R} \{ [\Phi_{10} \bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \right. \\
& - \Phi_{10} \bar{u}_0 \} \bar{\eta}_{0*} \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} + \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 \{ \bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{\bar{v}_0} \times (\Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}) + \{ [\bar{u}_0 \Phi_{10*} + \\
& + \tilde{\theta}_{\varphi_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] - \bar{u}_0 \Phi_{10*} \} \bar{R} \Phi_{10} \} \} ds.
\end{aligned} \tag{20}$$

The following designations are introduced into the variation (20):

$$\begin{aligned}
\bar{\Gamma}_* \bar{\Gamma} &= \Phi_{10*} \bar{R} \Phi_{10} + \bar{C}; \\
\bar{T} &= \bar{T}_0 + \bar{T}_+ + \bar{T}_- = (\bar{\Gamma}_*)^{-1} \Phi_{10*} \bar{R} \{ [\Phi_{10} \bar{u}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \tilde{\theta}_{\varphi_0}] - \Phi_{10} \bar{u}_0 \}.
\end{aligned} \tag{21}$$

Considering the designations (21), the variation (20) will take the following form:

$$\delta\bar{I} = \frac{1}{2\pi j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left[ \bar{\Gamma}_* (\bar{\Gamma} \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 + \bar{T}) \bar{\eta}_{0*} \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} + \delta \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 (\bar{\eta}_{0*} \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\Gamma}_* + \bar{T}_*) \bar{\Gamma} \right] ds$$

and the condition of equality of the variation (20) to zero will be as follows:



$$\bar{\Gamma} \bar{F}_{\bar{v}_0} \bar{\eta}_0 = -(\bar{T}_0 + \bar{T}_+)$$

The optimum structure of matrix  $\hat{F}_{\bar{v}_0}$  will have the following form:

$$\hat{F}_{\bar{v}_0} = -(\bar{\Gamma})^{-1}(\bar{T}_0 + \bar{T}_+) \bar{\eta}_0^\# \quad (22)$$

where sign «#» is the symbol of the vector pseudo-inversion.

As per Gantmaher [2], pseudo-inversed vector  $\bar{\eta}_0^\#$  complies with the following expression:

$$\bar{\eta}_0^\# = A^+ = [C^*(CC^*)^{-1}(B^*B)^{-1}B^*]$$

where  $B = \bar{\eta}_0$ ;  $C = (1,0)$ ,  $B^* = \bar{\eta}_0'$ ;  $C^* = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ ,  $CC^* = 1,0$ ;

$(B^*B)^{-1}B^* = \bar{\eta}_0^{-1}(\bar{\eta}_0')^{-1}\bar{\eta}_0' = \bar{\eta}_0^{-1}$ , t.e.  $\bar{\eta}_0^\# = A^+ = \bar{\eta}_0^{-1}$ .

Thereby, the optimum structure of matrix  $\bar{F}_{\bar{v}_0}$  should be written as follows:

$$\hat{F}_{\bar{v}_0} = -\bar{\Gamma}^{-1}(\bar{T}_0 + \bar{T}_+) \bar{\eta}_0^{-1} \quad (23)$$

The equation of constraints of matrices  $\bar{F}_{\bar{x}_0}$  and  $\bar{F}_{\bar{v}_0}$  will have the following form:

$$\bar{F}_{\bar{x}_0} = \Phi_{10} \bar{F}_{\bar{v}_0} + P_0^{-1},$$

and the optimum structure of the regulator  $\hat{W}_0$  in the equivalent stabilization system of the stand simulator motion has the following form:

$$\hat{W}_0 = \hat{F}_{\bar{v}_0} (\hat{F}_{\bar{x}_0})^{-1} = \hat{F}_{\bar{v}_0} (\Phi_{10} \hat{F}_{\bar{v}_0} + P_0^{-1})^{-1} \quad (24)$$

### Synthesis of the optimum structure $\hat{W}_0$ of the regulator in the equivalent stabilization system of the spacecraft stand simulator motions under random stationary actions

The problem of synthesis of the optimum structure of the regulator in this version can be also solved using Wiener-Kolmogorov method. The matrices (14) and (15) shall be substituted into the stabilization quality functional (12). After this the functional (12) will take the following form:

$$\begin{aligned} \dot{e} = & \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left( \left( \Phi_{10} \dot{F}_{\bar{v}_0} S'_{\bar{\eta}_0 \bar{\eta}_0} \dot{F}_{\bar{v}_0} \Phi_{10*} + \Phi_{10} \dot{F}_{\bar{v}_0} [S'_{\bar{\eta}_0 \bar{u}_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\bar{\theta}_0 \bar{\theta}_0} \times \right. \right. \\ & \times (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} - \Phi_{10} \dot{F}_{\bar{v}_0} S'_{\bar{\eta}_0 \bar{u}_0} \Phi_{0*} + \Phi_{10} [S'_{\bar{u}_0 \bar{\eta}_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\bar{\theta}_0 \bar{\theta}_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \times \\ & \times \dot{F}_{\bar{v}_0} \Phi_{10*} + \Phi_{10} [S'_{\bar{u}_0 \bar{u}_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \times S'_{\bar{\theta}_0 \bar{\theta}_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} \Phi_{10*} - \Phi_{10} S'_{\bar{u}_0 \bar{u}_0} \Phi_{0*} - \\ & \left. \left. - \Phi_0 S'_{\bar{u}_0 \bar{\eta}_0} \dot{F}_{\bar{v}_0} \Phi_{10*} + \Phi_0 S'_{\bar{u}_0 \bar{\eta}_0} \Phi_{0*} \right\} \dot{R} + \dot{F}_{\bar{v}_0} S'_{\bar{\eta}_0 \bar{\eta}_0} \dot{F}_{\bar{v}_0} \dot{C} \right) ds. \end{aligned} \quad (25)$$

The first variation of the functional (25) has the following form:

$$\begin{aligned} \delta \dot{e} = & \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr \left( \left( \Phi_{10*} \dot{R} \Phi_{10} + \dot{C} \right) \dot{F}_{\bar{v}_0} S'_{\bar{\eta}_0 \bar{\eta}_0} + \Phi_{10*} \dot{R} \Phi_{10} [S'_{\bar{u}_0 \bar{\eta}_0} + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\bar{\theta}_0 \bar{\theta}_0} \times \right. \\ & \times (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] - \Phi_{10*} \dot{R} \Phi_0 S'_{\bar{u}_0 \bar{\eta}_0} \left. \right\} \delta \dot{F}_{\bar{v}_0} + \delta \dot{F}_{\bar{v}_0} \left\{ [S'_{\bar{\eta}_0 \bar{\eta}_0} \dot{F}_{\bar{v}_0} (\Phi_{10*} \dot{R} \Phi_{10} + \dot{C}) + \right. \\ & \left. + [S'_{\bar{\eta}_0 \bar{u}_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\bar{\theta}_0 \bar{\theta}_0} (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1}] \Phi_{10*} \dot{R} \Phi_{10} - S'_{\bar{\eta}_0 \bar{u}_0} \Phi_{0*} \dot{R} \Phi_{10} \right\} \left. \right\} ds. \end{aligned} \quad (26)$$

The following designations are introduced into the variation (26):

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{\Gamma}_* \overset{\circ}{\Gamma} &= \Phi_{10*} \overset{\circ}{R} \Phi_{10} + \overset{\circ}{C}; & \overset{\circ}{D} \overset{\circ}{D}_* &= S'_{\eta_0 \eta_0} \overset{\circ}{\eta}_0; \\ \overset{\circ}{T} &= \overset{\circ}{T}_0 + \overset{\circ}{T}_+ + \overset{\circ}{T}_- = (\overset{\circ}{\Gamma}_*)^{-1} \Phi_{10*} \overset{\circ}{R} \{ \Phi_{10} [ S'_{u_0 \eta_0} \overset{\circ}{\eta}_0 + (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} S'_{\theta_0 \theta_0} \overset{\circ}{\theta}_0 (\tilde{G}_0 \tilde{K}_0)^{-1} ] - \Phi_0 S'_{u_0 \eta_0} \overset{\circ}{\eta}_0 \} (D_*)^{-1}. \end{aligned} \quad (27)$$

Using the designations (27), the variation (26) will take the following form:

$$\delta \overset{\circ}{e} = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr [ \overset{\circ}{\Gamma}_* (\overset{\circ}{\Gamma} \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{D} + \overset{\circ}{T}) \overset{\circ}{D}_* \delta \overset{\circ}{F}_{v_0} + \delta \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{D} (\overset{\circ}{D}_* \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{\Gamma}_* + \overset{\circ}{T}_*) \overset{\circ}{\Gamma} ] ds,$$

and the condition of equality of the variation (26) to zero will be as follows:

$$\overset{\circ}{\Gamma} \overset{\circ}{F}_{v_0} \overset{\circ}{D} = -(\overset{\circ}{T}_0 + \overset{\circ}{T}_+).$$

The synthesis algorithm for the optimum structure of matrix  $\overset{\circ}{F}_{v_0}$  should be written as follows:

$$\overset{\circ}{F}_{v_0} = -\overset{\circ}{\Gamma}^{-1} (\overset{\circ}{T}_0 + \overset{\circ}{T}_+) \overset{\circ}{D}^{-1}.$$

The equation of constraints of matrices  $\overset{\circ}{F}_{v_0}$  and  $\overset{\circ}{F}_{x_0}$  has the following form:

$$\overset{\circ}{F}_{x_0} = \Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} + P_0^{-1}.$$

The optimum structure of the regulator in the equivalent stabilization system of the stand simulator motion is defined by the following expression:

$$\overset{\circ}{W}_0 = \overset{\circ}{F}_{v_0} (\overset{\circ}{F}_{x_0})^{-1} = \overset{\circ}{F}_{v_0} (\Phi_{10} \overset{\circ}{F}_{v_0} + P_0^{-1})^{-1}. \quad (28)$$

Hereby, the problem of synthesis of the optimum structure of the regulator  $\overset{\circ}{W}_0$  in the equivalent stabilization system of the stand simulator motion is solved.

**Conclusion.** This paper provides a practically effective methodology of analytic design of the optimum stochastic control system of five-degree-of-freedom stand simulator of the spacecraft motion. The stand simulator is required for preflight training of the spacecraft crew.

This paper addresses and strictly solves the issues of synthesis of the optimum structures of regulators in control systems under determinate and random stationary actions on examined objects.

#### REFERENCES

1. Azarskov V.N., Blokhin L.N., Zhiteckii L.S. Methodology of designing optimal stochastic stabilization systems. Monografiya. K.: NAU –2006. – 432 p. (In Russian).
2. Azarskov V.N., Blokhin L.N. About One Problem of Analytic Design of Regulators. // Cybernetics and computer engineering. – K.: Scientific Idea, 1981. – Ed. 51. – pp. 59–61.
3. Gantmaher F.F. Matrix Theory. – M.: Science, 1967. – 575 p.
4. Davis M.C. Factoring the Spectral Matrix. – IEEE Trans. Auto. Cont., 1963, AG-8, No. 4. – pp. 296–305.

**CREDIBILITY OF SELF-CHECKING RESULT IN THE CONTEXT OF SYSTEM LEVEL SELF-DIAGNOSIS**

**Mashkov V.,**

*Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem, Czech Republic,  
Faculty of Science, Department of Informatics  
vtan@volny.cz*

**Lytvynenko V.**

*Kherson National Technical University  
Department of Informatics and Computer Science  
immun56@gmail.com*

System level self-diagnosis (SLSD) was introduced by Preparata et al. [1] and has been deeply investigated in literature. It aims at diagnosing systems composed by units (optionally named processing elements), with the requirement that they are able to test each other by exchanging information through available links.

At this level of diagnosis, each particular test is considered as atomic. It means that the details of a test are abstracted (not considered), and only the result of test is taken into consideration. The problem of testing assignment (i.e., characterization problem) was the first task, which was considered in context of SLSD [2], [3].

Convenient form for presenting the testing assignment is graph model. Random performing of tests is considered both in context of system self-checking and system self-diagnosis [4], [5]. Self-checking is the process which aims at discriminating between two states of a system: fault-free and faulty. The result of self-checking doesn't indicate which of the system units has failed, and only testifies the presence of fault(s) in the system.

Self-checking may require small number of tests. When test coverage is 100% and a faulty unit always produces the test results equal to "1", it is only needed to find out that each of the system units has been tested, at least, once. It may happen that  $N$  tests will be sufficient for system self-checking (see Fig. 1), where  $N$  is the number of system units.

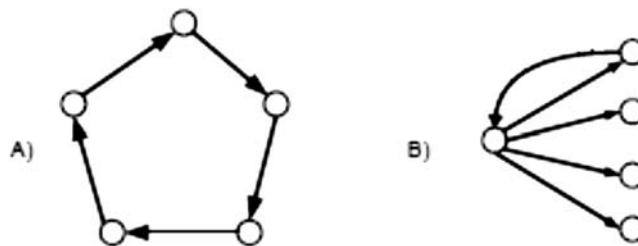


Figure. 1

For providing system self-checking it is not necessary to form the syndrome at all cost, and, consequently, to perform its analysis. Only message or signal informing about system fault-free (resp. faulty) state is sufficient. This can be done, for example, by the unit which has produced the test result equal to 1.

Further we are going to consider the case when tests are performed during the system operation. Hence, it is not possible to determine in advance which of the system units will be idle at the definite moment of time and, thus, will be able to test (or be tested by) another system unit.

From this it follows that not only pair of units that provides a test, but also instance of test performing is random. The random value is also the number of tests which will be performed in the system during a certain period of time. When analysis of formed diagnosis graph is not performed only the data on the number  $k$  of the performed tests that can form different diagnosis graphs are available. From the standpoint of the self-checking credibility, the diagnosis graphs are not equivalent. Each diagnosis graph can be characterized by the certain value of credibility of diagnosis result,  $D_{Gi}$ , that can be achieved given this DG.

We will use the space of elementary events  $\omega$  as the set of all possible diagnosis graphs. As its subset  $\Omega$ , we consider the diagnosis graphs with a fixed maximum length of directed cycle. With each event  $A \in \Omega$  a number  $P(A)$  (i.e., the probability of the event  $A$ ) is associated.

By definition, the events  $A_1, A_2, \dots, A_n$  are independent, and the sum of their probabilities is equal to 1. Thus, as a result of the execution of  $k$  tests, only event  $A_i$  can occur (the DG has a directed cycle of maximum length of  $i$ ), and the probability of this event is equal to  $P_i$ . Since every event  $A_i$  is also characterized by another numerical measure  $D_{Gi}$ , we can introduce the notion of expected value of the self-checking credibility,  $M[D_k]$ , which is defined as follows

$$M[D_k] = \sum_{i=1}^n D_{G_i} P_i \quad (1)$$

In general case several diagnosis graphs,  $G_i$ ,  $i=1, \dots, l$  can correspond to the event  $A_i$ . Here each diagnosis graph  $G_i$  has a definite value of  $D_G$ . As it shown by an analysis, the  $G_i$  corresponding to the event  $A_i$  have approximately the equal values of  $D_G$ . Therefore, for the sake of simplicity, we consider the diagnosis graph  $G_i^M$  with minimum number of edges that corresponds to the event  $A_i$ . It is easy to see that this graph is a graph with the directed cycle of length  $i$ . We represent this graph  $G_i^M$  in the form of direct sum over the edges of its parts

$$G_i^M = \bigcup_{\alpha} H_{\alpha}$$

where  $\alpha$  is the number of the edges in graph  $G_i^M$ .

We associate with each edge of the graph  $G_i^M$  a random variable  $\xi$  which take the value 0 or 1 depending on whether the test corresponding to this edge is performed. After that we represent the procedure of test performing as a series of consecutive experiments in each of which the random variable  $\xi_i$ ,  $i=1, \dots, \alpha$ , takes the values 0 or 1.

Let the value of the random variable  $\xi_i$  in the  $j$ -th experiment be denoted as  $\xi_{i,j}$ . Then the first index  $i$  in the random variable  $\xi_{i,j}$  corresponds to the ordinal number of the edge of graph  $G_i^M$  and the second index  $j$  corresponds to the ordinal number of the experiment.

Let us form  $\alpha$  sums of elements  $\xi_{i,j}$

$$\begin{aligned} \eta_1 &= \xi_{1,1} + \xi_{1,2} + \dots + \xi_{1,l} \\ \eta_2 &= \xi_{2,1} + \xi_{2,2} + \dots + \xi_{2,l} \\ &\vdots \\ \eta_{\alpha} &= \xi_{\alpha,1} + \xi_{\alpha,2} + \dots + \xi_{\alpha,l} \end{aligned} \quad (2)$$

We consider the case when at one experiment there can be produced not more than one test, i.e., either 0 or 1. Furthermore, we represent the right-hand sides of the sums (2) in the form of a rectangular matrix and choose 0 or 1 element from each of its columns. Let us determine the total number of different versions of the choice. To this end we first consider the number of versions in which, as a result of experiment, only one element, two elements, etc. up to  $l$  elements are chosen from the matrix. We denote the numbers of these versions as  $Q_1[\alpha \times l]$ ,  $Q_2[\alpha \times l]$ , ...,  $Q_l[\alpha \times l]$ .

The dimensions of the matrix from which the elements are chosen are indicated inside the square brackets.

It can be shown that  $Q_l[\alpha \times l] = \alpha \cdot l$  and

$$Q_j[\alpha \times l] = \alpha \sum_{i=1}^{l-j} Q_{j-i}[(\alpha - l) \times (l - i)] \quad \text{where } j = \overline{2, l}$$

The total number of different versions of the choice,  $\gamma$ , is found based on the sequence  $Q_1[\alpha \times l]$ ,  $Q_2[\alpha \times l]$ , ...,  $Q_l[\alpha \times l]$

$$\gamma = \sum_{j=1}^l Q_j[\alpha \times l]$$

For each version of the choice of the elements we form a new sum of these elements. As a result, we obtain the following  $\gamma$  sums  $\mu_i = \sum \xi_{i,j}$ ,  $i=1, \dots, \gamma$ . The specificity of each of these sums consists in that the random variables entering it are independent because they are found in different experiments.

We introduce the event  $R_i \{ \mu_i = \alpha \}$ . Then the probability of formation of the graph  $G_i^M$  after performing  $k$  tests is equal to the probability of the occurrence of at least one of the events  $R_i$ ,  $i=1, \dots, \gamma$ .

$$P_j(G_i^M) = P(R_1 \vee R_2 \vee \dots \vee R_{\gamma}) \quad (3)$$

Because the events  $R_1, R_2, \dots, R_{\gamma}$  are compatible and independent, expression (3) can be represented in the form

$$P_j(G_i^M) = 1 - [1 - P(R_1)][1 - P(R_2)] \dots [1 - P(R_{\gamma})] \quad (4)$$

We regard  $\mu_i$  as binominal random values and find the probabilities  $P(R_i)$ ,  $i = 1, \dots, \gamma$ , with account of the fact that all probabilities  $P\{ \xi_{i,j}=1 \}$  are equal to  $P_{\xi} = 1/N(N-1)$ . Therefore we have

$$P(R_i) = C_{k_i}^{\alpha} P_{\xi}^{\alpha} (1 - P_{\xi})^{k_i - \alpha}$$

Where  $k_i$  is the number of elements under summation for  $\mu_i$ . It should be taken into consideration that the number of the sums with one, two, and  $l$  elements is equal to  $Q_1, Q_2$ , and  $Q_l$ , respectively. Therefore expression (4) is brought to the form

$$P_i(G_i^M) = 1 - [1 - C_i^\alpha P_\xi^\alpha (1 - P_\xi)^{1-\alpha}]^{Q1} [1 - C_i^\alpha P_\xi^\alpha (1 - P_\xi)^{2\alpha}]^{Q2} + \dots + [1 - P_\xi^\alpha]^{Ql} \quad (5)$$

On substituting the values of the probabilities  $P_i(G_i^M)$  found from (5) into (1) we obtain the expected value of the credibility of self-checking result for the case when no diagnosis graph analysis is carried out.

It is worth noting that self-checking without analysis of the formed DG cannot guarantee the correct result, and, consequently, there is always the risk that faulty unit has not been detected and it continues to deliver failed service. That is why *when situation allows*, it is necessary to perform the corresponding analysis.

#### REFERENCES

1. F. Preparata, G. Metze, R. Chien, "On the connection assignment problem of diagnosable systems", *IEEE Trans. Elect. Comput.* EC-16, 6 (Dec.), pp. 848-854, 1967.
2. V. Mashkov, J. Fiser. Samokontrola a samodiagnostika na systémové úrovni. Lviv: Ukrainian Academic Press, 2010, ISBN 978-966-322-169-4, 176 stran.
3. V. Mashkov. Selected problems of system level self-diagnosis. Lviv: Ukrainian Academic Press, 2011, ISBN 978-966-322-365-0, 184 pages.
4. V. Mashkov, V. Lytvynenko. To the problem of self-checking of complex systems. In Proceedings of ISDMCI'2016, International conference, Zaliznyj Port, Ukraine, 2016, pp.9-11.
5. V. Mashkov, V. Lytvynenko. Problems with developing probabilistic algorithms for system level self-diagnosis. In Proceedings of ISDMCI'2015, International conference, Zaliznyj Port, Ukraine, 2015, pp.339-341.

#### VOLTERRA MODEL BUILDING OF OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL INPUT-OUTPUT DATA

**Pavlenko V. D., Kravchenko E. I., Salata D. V.**

*Odessa National Polytechnic University  
Shevchenko av. 1, Odessa, 65044, Ukraine  
pavlenko\_vitalij@mail.ru*

**Introduction.** The *innovative technology* of «Eye-tracking» which is rapidly developing nowadays - is the process of determination of the point where look being sent to or the determination of eye movements relatively to the head [1, 2]. This high-tech innovation has been further developed and effectively used in the construction of a mathematical model of process of tracking eye movement to detect anomalies in data tracking to quantify the motor symptoms of Parkinson's disease [2]. Using nonlinear dynamic Wiener and Volterra-Laguerre model [3] for identification oculo-motor system (OMS) is based on a random effects test, which requires the application of methods of correlation analysis and generate a large amount of experimental data (long-term experimental studies).

In order to build Volterra model of the OMS a person is encouraged to use the test deterministic effects, for example, step signals (the most appropriate for the study of the dynamics of OMS) [4], which simplifies the computational algorithm to identify and significantly reduce the time of processing of experimental data. There is a method and computer algorithms identifying deterministic nonlinear dynamical systems in the form of Volterra models using multi-test signals.

**The purpose of work** is development method for constructing nonparametric dynamic model of OMS in the form Volterra series, based on experimental studies of «input-output» [4] and also computational tools and software for the information technology processing experimental data [5].

**Results of Identification OMS Transient Function.** Taking into account specificity investigated object to identification used test multistep signals. If test signal  $x(t)$  represents an identity function (Heaviside function) –  $\theta(t)$ , the result of identification the transition function of the first order and the diagonal section  $n$ -th order.

To determine the sections subdiagonal transition functions  $n$ -th order ( $n \geq 2$ ) OMS tested using the  $n$  step test signal with given amplitude and different intervals between signals. With appropriate processing responses get subdiagonal section  $n$ -dimensional transition functions  $h_n(t_1, \dots, t_n)$ , which represent  $n$ -dimensional integral of Volterra kernel  $n$ -order  $w_n(t_1, \dots, t_n)$  :

$$h_n(t_1, \dots, t_n) = \int_0^\infty \dots \int_0^\infty w_n(t_1 - \lambda_1, \dots, t_n - \lambda_n) d\lambda_1 \dots d\lambda_n \quad (1)$$

To determine the diagonal section of the transient response second order OMS is tested at first step signal with an amplitude of the  $a_j, j=1, 2, \dots, L$  (horizontal distance to light spot from the starting point, represents the original position the eye pupil).

Section values  $h_n(t - \tau_1, \dots, t - \tau_n)$  is the result solving normal system Gauss equations [5]

$$A' A \hat{y} = A' y, \tag{2}$$

where

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_1^2 & \dots & a_1^N \\ a_2 & a_2^2 & \dots & a_2^N \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_L & a_L^2 & \dots & a_L^N \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ \dots \\ y_L(t) \end{bmatrix}, \quad \hat{y} = \begin{bmatrix} \hat{y}_1(t) \\ \hat{y}_2(t) \\ \dots \\ \hat{y}_N(t) \end{bmatrix},$$

here  $N$  - the order of the approximation Volterra model,  $\hat{y}_n(t)$  – partial response of the model  $n$ -th order,  $n=1,2,\dots,N$ . For diagonal section at  $t_1=\dots=t_n=t$  we're getting  $\hat{h}_n(t,\dots,t) = \hat{y}_n(t)$ .

Measured response of the eye  $y_1(t), y_2(t), y_3(t)$  to the input test signals  $a_1\theta(t), a_2\theta(t)$  and  $a_3\theta(t)$  ( $L=3$ ) for values of the test signal amplitudes  $a_1=0,33, a_2=0,66$  and  $a_3=1$ , shown in fig.1. The model response is calculated on the basis of estimates of the transient functions  $\hat{h}_1(t)$  and  $\hat{h}_2(t,t)$  ( $N=2$ )

$$\tilde{y}(t,a) = a\hat{h}_1(t) + a^2\hat{h}_2(t,t). \tag{3}$$

Comparison of responses the OMS of identify  $y(t)$ , model  $\tilde{y}(t,a)$  and partial component of response OMS first  $\hat{y}_1(t, a_1)$  and second  $\hat{y}_2(t, a_1)$  at an amplitude  $a=a_1$  shown in fig. 2. Obtained graphs of OMS transient functions first order  $\hat{h}_1(t)$  and second order  $\hat{h}_2(t,t)$  shown in fig 3 and fig 4, respectively.

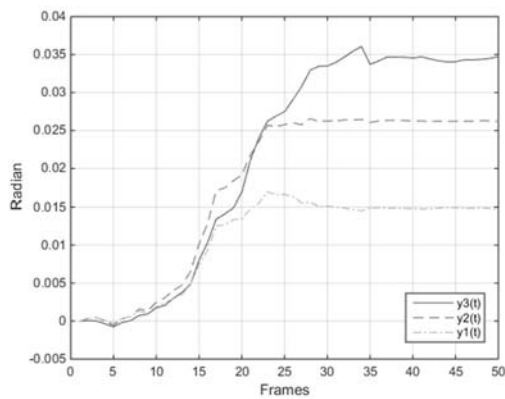


Figure 1 – Responses OMS  $y_1(t), y_2(t)$  and  $y_3(t)$

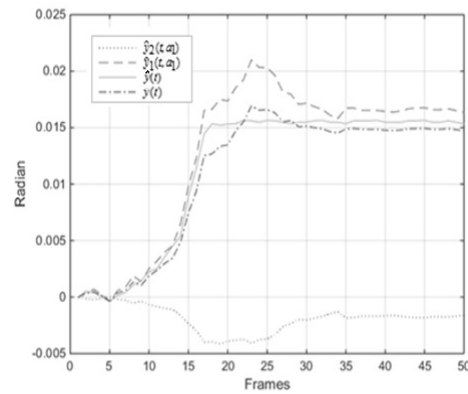


Figure 2 – Responses OMS  $y(t)$  and model  $\tilde{y}(t, a_1), \hat{y}_1(t, a_1), \hat{y}_2(t, a_1)$

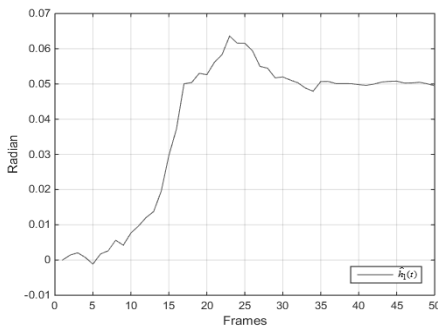


Figure 3 – Transient functions  $\hat{h}_1(t)$

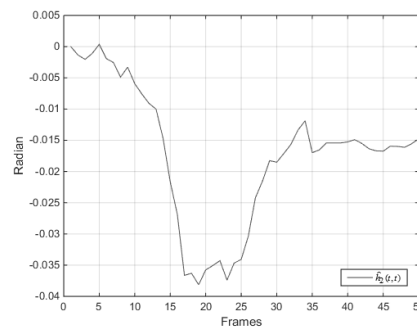


Figure 4 – Transient functions  $\hat{h}_2(t, t)$

**Conclusion.** Proposed a new method and information technology of construction nonparametric dynamic models of human OMS given its nonlinear and inertial properties on the basis of experimental data «input-output». This uses a mathematical model in the form of integral-power polynomial Volterra (multidimensional transition functions). Has been the further development of information technology «Eye tracking» and developed software tools identification OMS.

Nonparametric dynamic model of the OMS human in the form transition functions of first order and diagonal sections of the two-dimensional transition functions basis on experimental

studies OMS for different amplitudes of test signals with using the method of least squares built. MSE of identification is at  $\sigma=0.0011$ . That confirms the effectiveness computational algorithm of identification and adequacy of the constructed model based on experimental «input-output» data.

## REFERENCES

1. Komogortsev O.V., Karpov A. (2013). Automated Classification and Scoring of Smooth Pursuit Eye Movements in Presence of Fixations and Saccades. *Journal of Behavioral Research Methods*, 45 (1), 1–13.
2. Jansson D., Medvedev A. (2014). Volterra Modeling of the Smooth Pursuit System with Application to Motor Symptoms Characterization in Parkinson's Disease. *European Control Conference (ECC)*, 1856–1861. DOI: 10.1109/ecc.2014.6862207
3. Jansson D., Medvedev A. (2015). System identification of Wiener systems via Volterra-Laguerre models: Application to human smooth pursuit analysis. *European Control Conference (ECC)*, 2700–2705. DOI: 10.1109/ECC.2015.7330946
4. Pavlenko V.D., Fomin O.O., Fedorova A.N., Dombrovskiy M.M. (2016). Identification of Human Eye-Motor System Base on Volterra Model. *Herald of the National Technical University «KhPI». Subject issue: Information Science and Modelling, Kharkov, NTU «KhPI», 21 (1193), 74–85. DOI: 10.20998/2411-0558.2016.21.08*
5. Масри М.М., Павленко С.В., Павленко В.Д. (2015). Построение аппроксимационной модели Вольтерра нелинейной системы с помощью полиимпульсных тестовых сигналов. *Информатика и математические методы в моделировании. Одесса: ОНПУ. Том 5, №2, 142–151.*

## MATHEMATICAL MODEL OF INERTIAL NAVIGATION SYSTEM WITH BIAXIAL PLATFORM

Sushchenko O.A.

*National Aviation University, Ukraine, Kyiv, 03058, av. Kosmonavta Komarova, 1*

**Introduction.** Nowadays the gimballed navigation systems are used when it is necessary to satisfy high accuracy in conditions of autonomous operation. The requirements to the high functional reliability and the ability to function in conditions of external disturbances are also given to such systems [1]. The gimballed systems can be components of guidance, navigation and control systems [2]. The researched inertial navigation system includes biaxial horizontal platform, which is stabilized by the vertical gyro signals. The principal axis of the gyro device is aligned by the direction of the local vertical based on accelerometer's signals. The system uses the integral correction. In fact the biaxial horizontal platform with gyro devices represents the inertial vertical gyro. Advantages of the researched system are high accuracy and reduced dimensions in comparison with the triaxial system. The researched inertial navigation system uses dynamically tuned gyros (DTG) and accelerometers [3]. The system has some features. The first feature is division of control functions. In this case control by the position of the DTG principal axis is implemented by accelerometer's signals. Stabilizing motors provide coincidence of the axis normal to the stabilized platform with the direction of DTG rotor. Division of functions provides relatively small moments of DTG torque sensors. The second feature of the researched system is usage of the biaxial platform. In contrast to the traditional triaxial platform such construction provides azimuth motion of the platform together with the moving vehicle and constant orientation of the outer gimbal to the North.

**System kinematics.** To describe the system kinematics it is necessary to introduce the following systems of coordinates: the trajectory system of coordinates  $O'\zeta\eta\xi$  ( $O'\eta$  is directed along the vehicle speed,  $O'\zeta$  is perpendicular to the horizon plane,  $O'\xi$  lies in the horizon plane); the body-axis system of coordinates  $Ox_0y_0z_0$  (the axis  $Oy_0$  is directed along the longitudinal axis of the vehicle; the axis  $Oz_0$  is perpendicular to the horizon plane; the axis  $Ox_0$  lies in the horizon plane); the platform-axis system of coordinates  $Ox_ny_nz_n$  (the axis  $Oy_n$  is directed along the external gimbal; the axis  $Oy_n$  is perpendicular to the horizon plane, the axis  $Ox_n$  is perpendicular to the axis  $Oy_0$  and lies in the horizon plane); the system of coordinates  $Ox_r y_r z_r$ , which is connected with Resal axes of DTG carrying out functions of the vertical gyro. Relations between introduced systems of coordinates can be described in the following way [4]

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} = \mathbf{A}_1 \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = \mathbf{A}_2 \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix} = \mathbf{A}_3 \begin{bmatrix} \zeta \\ \eta \\ \xi \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} x_r \\ y_r \\ z_r \end{bmatrix} = \mathbf{A}_4 \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}; \quad (1)$$

$$\mathbf{A}_1 = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \theta \cdot \sin \gamma & -\cos \theta \cdot \sin \gamma \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \gamma & -\sin \theta \cdot \cos \gamma & \cos \theta \cdot \cos \gamma \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_2 = \begin{bmatrix} \cos \alpha_i & 0 & -\sin \alpha_i \\ \sin \alpha_i \cdot \sin \beta_i & \cos \beta_i & \cos \alpha_i \cdot \sin \beta_i \\ \sin \alpha_i \cdot \cos \beta_i & -\sin \beta_i & \cos \alpha_i \cdot \cos \beta_i \end{bmatrix}; \quad (2)$$

$$\mathbf{A}_3 = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & -\sin \alpha \\ \sin \alpha \cdot \sin \beta & \cos \beta & \cos \alpha \cdot \sin \beta \\ \sin \alpha \cdot \cos \beta & -\sin \beta & \cos \alpha \cdot \cos \beta \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_4 = \begin{bmatrix} \cos \alpha_r & 0 & -\sin \alpha_r \\ \sin \alpha_r \cdot \sin \beta_r & \cos \beta_r & \cos \alpha_r \cdot \sin \beta_r \\ \sin \alpha_r \cdot \cos \beta_r & -\sin \beta_r & \cos \alpha_r \cdot \cos \beta_r \end{bmatrix}; \quad (3)$$

where  $\theta, \gamma$  are angles of pitch and roll;  $\alpha_n, \beta_n$  are angles, which determine turn of a platform relative to the body-axis system;  $\alpha, \beta$  determine the location of Resal axes relative to the horizon plane;  $\alpha_r, \beta_r$  determine the location of Resal axes relative to the platform.

Expressions (1) – (3) describe kinematics of the researched inertial navigation system.

**Vertical Gyro Model.** For small turn angles it is possible to believe that the gyro-stabilized platform motion coincides with motion of the vertical gyro's Resal axes. Accuracy of such supposition is defined by stabilization errors  $\alpha_r, \beta_r$ . Based on DTG mathematical model, which is given in [4] and representations of angular rates taking into consideration system kinematics [5] it is possible to obtain

$$-H_1 \dot{\beta} + H_1 \omega_\zeta \alpha = -I \ddot{\alpha}_r + H \dot{\beta}_r - c \alpha_r - d \dot{\alpha}_r + \frac{H}{T} \beta_r + H_1 (-\dot{\beta}_r + \omega_\xi + \omega_\zeta \alpha_r) + I \dot{\omega}_y + \sum_{i=1}^4 M_{iy} + M_{dist y};$$

$$H_1 \dot{\alpha} + H_1 \omega_\zeta \beta = -I \ddot{\beta}_r - H \dot{\alpha}_r - c \beta_r - d \dot{\beta}_r - \frac{H}{T} \alpha_r - H_1 (-\dot{\alpha}_r + \omega_\eta - \omega_\zeta \beta_r) + I \dot{\omega}_x + \sum_{i=1}^4 M_{ix} + M_{dist x}. \quad (4)$$

where  $H$  is the kinetic moment;  $c$  is the residual rigidity of gimbals;  $d$  is the damping coefficient;  $T$  is the gyro time constant;  $H_1 = H(1-S)$ ;  $S=10^{-3}$ ;  $J$  is a sum of the equatorial moments of the rotor and gyro gimbals;  $\omega_x, \omega_y$  are projections of the platform angular rates;  $\dot{\omega}_x, \dot{\omega}_y$  are projections of platform angular accelerations;  $M_{iy} = 1, \dots, 4$ ,  $M_{ix} = 1, \dots, 4$  and  $M_{dist y}, M_{dist x}$  are control and disturbance moments acting along axes  $y, x$ .

If stabilization errors are believed to be constant, the relations (4) represent the vertical gyro model. Stabilization errors can be determined based on information about the gyro devices drifts, which can be obtained during operation. Variables  $\omega_\xi, \omega_\eta, \omega_\zeta$  in the equations (4) are projections of the angular rates of the trajectory reference frame. In accordance with [3, 5] they can be represented in the following form

$$\omega_\xi = -\frac{V_\eta \sin K + V_\xi \cos K}{R_1} \sin K - \frac{V_\eta \cos K - V_\xi \sin K}{R_M} \cos K - \Omega \cos \varphi \sin K;$$

$$\omega_\eta = \frac{V_\eta \sin K + V_\xi \cos K}{R_1} \cos K - \frac{V_\eta \cos K - V_\xi \sin K}{R_M} \sin K + \Omega \cos \varphi \cos K; \quad (5)$$

$$\omega_\zeta = \frac{V_\eta \sin K + V_\xi \cos K}{R_1} \operatorname{tg} \varphi - \dot{K} + \Omega \sin \varphi,$$

where  $V_\zeta, V_\eta, V_\xi$  are lateral, longitudinal and vertical projections of the vehicle speed;  $K$  is the heading;  $R_1$  is the main radius of curvature of the earth ellipsoid in the plane perpendicular to the meridian;  $R_M$  is the main radius of the earth curvature in the meridian plane;  $\Omega$  is the angular rate of the diurnal rotation;  $\dot{K}$  is heading rate.

Projections of the trajectory reference frame taking into consideration (1) are determined by relations

$$W_\xi = \dot{V}_\xi + V_\zeta \omega_\eta - V_\eta \omega_\zeta + V_\zeta \Omega \cos \varphi \cos K - V_\eta \Omega \sin \varphi;$$

$$W_\eta = \dot{V}_\eta + V_\xi \omega_\zeta - V_\zeta \omega_\xi + V_\xi \Omega \sin \varphi + V_\zeta \Omega \cos \varphi \sin K; \quad (6)$$

$$W_\zeta = \dot{V}_\zeta + V_\eta \omega_\xi - V_\xi \omega_\eta - V_\eta \Omega \cos \varphi \sin K - V_\xi \Omega \cos \varphi \cos K - g.$$

The equations (4) supplemented by the expressions (5), (6) represent the model of the inertial vertical.

**Directional Gyro Model** To create the mathematical description of the directional gyro it is necessary to use the following reference frames: platform-axis reference frame  $Oxyz$ ; reference frame  $Ox_1y_1z_1$  connected with the rotor of the directional gyro; reference frame  $Ox_ky_kz_k$  connected with Resal axes of DTG, which carries out functions of the directional gyro. The mathematical model of the vertical gyro can be obtained based on [4] after some transformations



$$\begin{aligned}
J\ddot{\alpha}_k + H\dot{\beta}_k + c\alpha_k + d\dot{\alpha}_k + \frac{H}{T}\beta_k &= -H_1\{[\dot{\beta}_k - \dot{\beta}_k + \omega_\xi - \omega_\zeta(\alpha - \alpha_k)]\cos(K_1 + \Delta K) + \\
+ [\dot{\alpha}_k - \dot{\alpha}_k + \omega_\eta - \omega_\zeta(\beta - \beta_k)]\sin(K_1 + \Delta K)\} + \sum_{i=1}^4 M_{zi} + M_{dist z}; & \quad (7) \\
J\ddot{\beta}_k + H\dot{\alpha}_k - c\beta_k - d\dot{\beta}_k + \frac{H}{T}\alpha_k &= H_1\{[(\dot{\alpha}_k - \dot{\alpha}_k)\operatorname{tg}\theta + (\alpha - \alpha_k)\dot{\theta}/\cos^2\theta + \omega_\zeta] + \dot{K} + \Delta\dot{K}\} + \sum_{i=1}^4 M_{xi} + M_{dist x}.
\end{aligned}$$

The equations (7) represent the directional gyro model.

### Conclusions

The full mathematical model of the gimbaled inertial navigation system including the vertical and directional gyroscopes is derived. The analysis of the system kinematics is represented. This allows obtaining expressions for determination of errors of gimbaled inertial navigation system. The obtained results can be useful for design of inertial navigation systems of the wide class.

### REFERENCES

1. Wang H.G. Strategic Inertial Navigation Systems / H.G. Wang, T.G. Williams T.C. // IEEE Control Systems Magazine. – No 1. – Vol. 28. – 2008. – P. 65–85.
2. Hilkert J.M. Inertially Stabilized Platform Technology/ J.M. Hilkert // IEEE Control Systems Magazine. – No 1. – Vol. 28. – 2008. – P. 26–46
3. Сущенко О. А. Робастная оптимизация систем стабилизации информационно-измерительных устройств морских подвижных объектов/ О. А. Сущенко// Водный транспорт. – 2014. – № 1(19). – С. 226–232.
4. Брозгуль Л.И. Динамически настраиваемые гироскопы. Модели погрешностей для систем навигации / Л.И. Брозгуль. – М.: Машиностроение, 1989. – 232 с. Сущенко О. А. Математична модель системи визначення курсу в режимі гіроскопічного компаса / О. А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2006. – № 2. – С. 45–48.
5. Смирнов Е.Л. Технические средства судовождения / Е. Л. Смирнов, А.В. Яловенко, А.А. Якушенков. – М.: Транспорт, 1988. – 376 с.

## THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION

Voronenko M., Krejci J., Bereza O., Bilyi H.

Kherson National Technical University, Berislavskoe shosse, 24, mary\_voronenko@i.ua  
Jan Evangelista Purkinje University, Pasteurova 3544/1, jan.krejci@ujep.cz

Introduction. The purpose of sanitary-epidemic situation in the region (SESR) monitoring is to identify the level of risk to human health and the development of measures to reduce, eliminate and prevent the adverse effects of environmental factors on health. The main tasks of the SESR monitoring system are:

- obtaining information necessary to achieve the purposes of monitoring, the Ministry of Statistics and Analysis, government, local executive and administrative bodies;
- identification of factors that cause adverse effects on human health, by identifying causal relationships between health and environmental factors influencing a person;
- studies, development and organization of implementation of programs for providing epidemiological welfare and public health, disease prevention and health improvement of the human environment;
- software engineering and technical support for monitoring based on modern scientific decisions and the introduction of modern information technologies;
- informing regional authorities, legal entities and citizens of the results obtained during the monitoring;
- providing automation of formation of indicators of the sanitary background.

The purpose. Monitoring is organized by regional sanitary-epidemiological service in cooperation with regional authorities (fig. 1). It should be noted that efficiency is a part of the impact of sanitary and epidemiological activities. The criterion of efficiency in terms of overcoming the epidemic of emergency can be regarded as achieving the strategic objectives at the lowest cost resources (medical staff, vehicles, medicines).

The main material. To develop a strategy for making decisions in such circumstances should be carried out a systematic analysis of regional development in the previous years and predicting possible achievements in the future. Prediction - it is scientifically reasoned judgment about the prospects, possible state of the object in the future, and alternative possible ways to achieve this status. Prediction enhances the quality of management decisions by reducing uncertainty in their decision makes it possible to assess the impact of management actions. From one hand forecast is an information base for developing strategy, on the other hand – it is necessary to avoid the consequences of management

actions and the degree of implementation of strategic plans. There are two methodological approaches to forecast development: search (research) and target (normative). The search involves determining the future state while maintaining the existing trends of development. Regulation enables active intervention in the course of events, development of options to achieve the objectives and answer the question: "Which option to choose to achieve this goal?" [1,2]. Thus, the first stage of the study assesses the current state of the object, and then identifies the key indicators of the trends and their changes. To develop the most appropriate method of assessing regional security index (IRS) we should identify key indicators of regional development and social status. With regard to epidemiological ES, IRS is calculated on the basis of indicators, each of which has its own weight (fig.2). Under certain conditions, the development of the epidemic ES (pre-crisis, crisis, post-crisis, emergency) changes the significance of these indicators, the weight of their influence on efficiency, prioritizing, among which lets you find ways to provide the desired results. Thus, improving the method of assessing the effectiveness of epidemiological welfare requires the use of models and methods that would ensure the possibility of developing normative example (model prediction of pollution in the water, soil contamination assessment model, the model of allocation of resources, etc.). That is the essence of diagnostic analysis is not so much in the evaluation of changes, but in the search for the causes that lead to a particular emergency. It should be possible not only "horizontal" comparisons (between regions), but also considering the components of the lower level ("vertical" analysis).

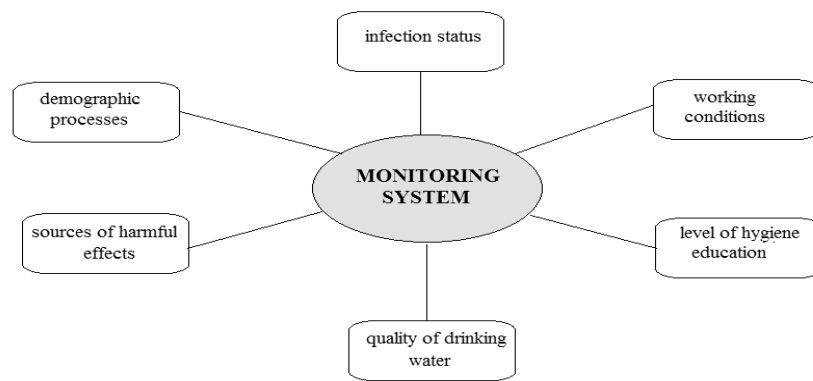


Figure 1: SESR monitoring system

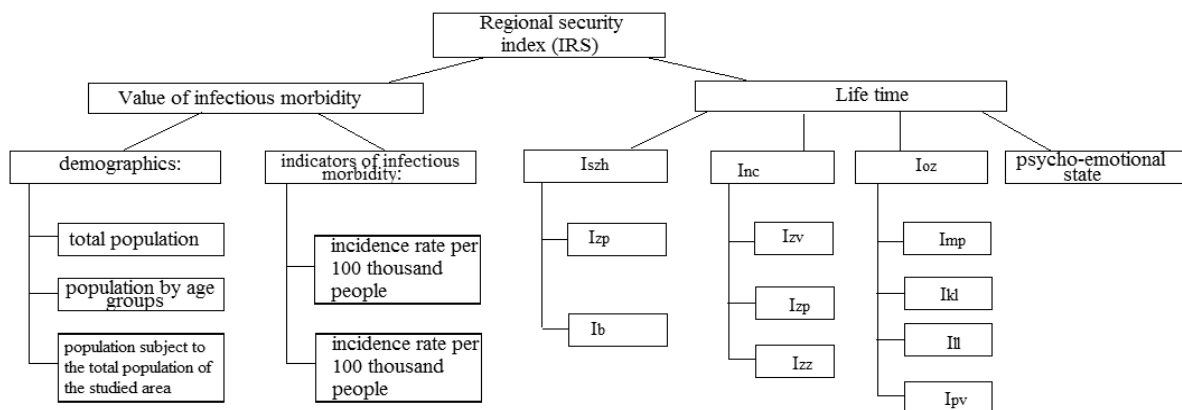


Figure 2: Regional security index

Certainly, the list of indicators can, and in some areas even analysis should be changed, but their quantitative and qualitative composition should be determined by the legislative framework, i.e. they must be accessible to all levels of government and their reception should be within the framework of budget financing. Calculation of the IRS in terms of epidemic ES is based on information provided by the Statistics Department and the Department of Epidemiology in the sanitary-epidemiological station, reports from Department of Ecology of Kherson region, and annual reported data from medical institutions. The first component of the IRS is an indicator of infectious morbidity, which is used for the analysis of such estimates:

- demographics (total population, population by age groups, the proportion of the population subject to the total population of the studied area) are based on source data and can be calculated for a given period of time;
- indicators of infectious morbidity (absolute incidence of the group, the proportion of disease study group in the total number of diseases in the studied area, incidence rate per 100 thousand people).

First estimation of the incidence of the total population in some areas of the studied region and age groups is performed, under which the risk of epidemics in the territories of the studied area established. The analysis used by

specialists to develop organizational, sanitary-epidemic and preventive measures. The second component of the IRS is life expectancy at birth. In our view, the regions should not control the outcome, and the factors that cause it. The health of the population of Ukraine is recognized as critical. Life expectancy decreases rapidly and now our country is at the level of the poorest countries in the world [3]. According to WHO the greatest impact on public health (50 - 55%) makes a way of life at 20 - 25% of it is caused by the environment, by 15 - 20% - a genetic risk, for 10 - 15% - by the health service (fig.3)[4].

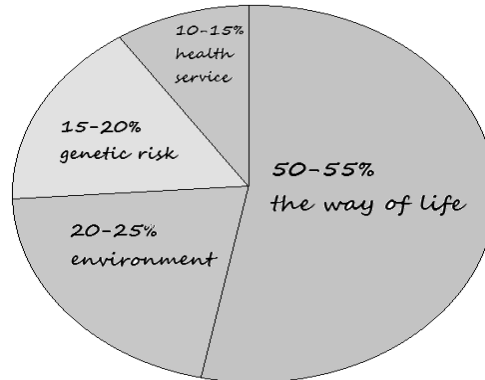


Figure.3: Impact on public health

One of the most important factors in the deterioration of the health of the vast majority (80%) considers the escalation of poverty, low wages, scholarships and pensions. Thus, to preserve the health of the nation the standard of living must be raised [5]. Life is characterized by psycho-emotional state. According to the experts [5] about 70 percent of the population lives under stress, due both to falling real incomes and rising fear of the future. Therefore, the most important task of regional development is to improve social protection, to reduce unemployment. Health status depends on the ability of health services and safety at work. Socio-economic efficiency can be increased only in caring for the environment. Average annual GDP loss due to deterioration of ecological condition is 10 - 15% [4]. We know that the climate allows to spend less money on restoration of labor. But less impact on consumer spending creates environmental conditions. The growth of spending on health support, neutralizing the harmful effects of the environment leads to increased labor costs. At a time when most of the population lives in poverty, inability to protect the body and recuperate leads to the spread of diseases and reduce of life expectancy. Ukraine places in natural surface water objects about 40% of the contaminated water. In addition, the region is polluting environment by only 3 percent of untreated water. Analyzing factors affecting life expectancy, according to expert estimates their significance by WHO we offer second component of regional security index (IRS) to evaluate by formula:

$$I_{tzh} = 0,6 \cdot I_{szh} - 0,25 \cdot I_{nc} + 0,15 \cdot I_{oz} \quad (1)$$

where  $I_{tzh}$  - integral index criteria that determine life expectancy;  $I_{szh}$  - an indicator of lifestyle;  $I_{nc}$  - an indicator of environmental contamination;  $I_{oz}$  - an indicator of health in the region.

The basic parameters for the calculation of indicators of providing with doctors, medical staff and hospital beds were indicators of Kyiv, which is much higher than the average in Ukraine and the level achieved by individual regions. Referring to the information contained in the [5] the indicator of life expectancy was calculated. The calculation results are shown in Table 1.

Table 1

	$I_{szh}$	$I_{nc}$	$I_{oz}$	$I_{tzh}$
Ukraine	0,495	0,795	0,486	0,171
Kherson region	0,312	0,017	0,456	0,251

For integrated assessment of ecological state of Kherson region were offered the following approaches:  
 – comparing the degree of inconsistency of element indicators of individual habitats to existing environmental standards and regulations;  
 – analysis of directional change of qualitative and quantitative characteristics of the environment for various periods;  
 – comparison of the performance indicators and trends of changing those settings of regions of Ukraine.

With view of the above, the environmental situation in the Kherson region can be indicated as hard that is characterized by deterioration compared with standards. Against the background of the ecological situation in the region, there are several problems associated with the peculiarities of technogenic impact on the environment within the administrative areas and large cities. Recently, more attention is paid to the epidemic safety of population in Ukraine. While acknowledging the importance of regions in shaping the country's ability to prevent the emergence of epidemic

threats or neutralize their negative impact [4]. Today, only the Sanitary-Epidemiological Service monitors the situation in kindergartens, schools, hospitals, food industry, trade and catering. And not only monitors but also conducts preventive measures. Every day dozens or even hundreds of emergency messages are coming into the sanitary-epidemiological station with suspected infectious disease. In each case, alarm experts are visiting places, conducting relevant work to extinguish the source of infection and prevent its spread. Daily environment is monitored, pathogens of dangerous infections are monitored in open water, especially in spring and summer. The widespread introduction of IT in sanitary and epidemic process of integration in the information space through the use of modern telecommunication systems is the only way to reform the system of epidemic control [5].

Conclusion. In addition, the introduction of support for management decisions will lead to the following results: to increase the effectiveness of monitoring and analysis of incidence, to assess the epidemic risk, to forecast the spread of infections, to develop evidence-based planning decisions for programs to combat infectious diseases (financing, material resources, medicines and vaccines), to develop measures for improvement of the efficiency of control over the implementation of programs to combat infectious diseases. In a complex epidemiological situation, which is actual in Ukraine in recent years, the introduction of IT is necessary, especially for solving tasks of sanitary and epidemiological services, with the greatest amount of information about the entire population of Ukraine [4]. Assuming that, in the near future humanity may face fundamentally new pandemics, the extent of which is difficult to imagine, including the danger of biological terrorism, and even the likelihood of the use of climate weapons it may be concluded that the fight against infectious diseases can not be effective without the creation and implementation of such systems in practice.

#### REFERENCES

1. Kirillov O.M., Rogalsky F.B., Mykhailyk S.V., Voronenko M.O. Protection of population and territories from emergency situations of peaceful time . - Kherson: KHNTU, 2007. - 328 p.
2. M.A.Voronenko. Research based sanitary and epidemiological situation in the region on the chemical composition of drinking water /M.A. Voronenko, Rogalsky F.B.// Kherson: KHNTU.-№35. – 2009. - C.151-156.
3. M.A. Voronenko. The search model for rational solution of resource distribution /M.A.Voronenko, G.S.Abramov//Системные технологии. - №6(95). - 2014. – C.125-129.

#### USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE

**Vyshemyrska S.V., Kornilovska N.V., Lurie I.A., Frolova M. E., Kubarov D.**

*Kherson National Technical University,  
Beryslavske Shosse 24  
Kherson, 73008, Ukraine*

Consolidated information is intended to provide information support and support of specific guidance on the development and enforcement of specific recommendations and programs aimed at the development and functioning of a competitive industry. This trend of analytical activities aimed at forming the subject of the information industry as a resource that will help devise the most effective management decision.

The most important task today for specialists in the creation and use of consolidated information is to obtain and use of: the most effective methodologies; organizational models of social systems and tools of their support; development of algorithms for the effective functioning and sustainable development of these systems.

Modern high-quality use of consolidated information will allow a fundamentally new competitive advantage because it allows you to use and implement signals of new technologies, future needs and demand that are unknown to most of the market yet.

That is, the introduction of modern information technologies in the activities of postal companies is essential to their successful operation. It is because the accuracy, reliability, efficiency and high speed of processing and transmission of information are the hallmarks of the work of consolidated information analyst.

Activation of services integrated with information computer technology will not only improve the economic efficiency of postal services, but will provide a significant effect in the development of national economic and political system of the state as a whole.

To perform a systematic analysis of the opportunities and monitoring of postal enterprises in Kherson and Kherson region it is needed to determine, firstly the sources of information resources, and secondly the methods of processing these resources and opportunities to use them.

Open sources of information (Open Source Intelligence, OSINT) are information sources that distribute information for use without any conditions, restrictions, exceptions. These include, above all, publications in mass media, scientific literature, websites and public information provided by the organizations. [1]

The relationship between public knowledge, consolidated information and users shown in Figure 1.

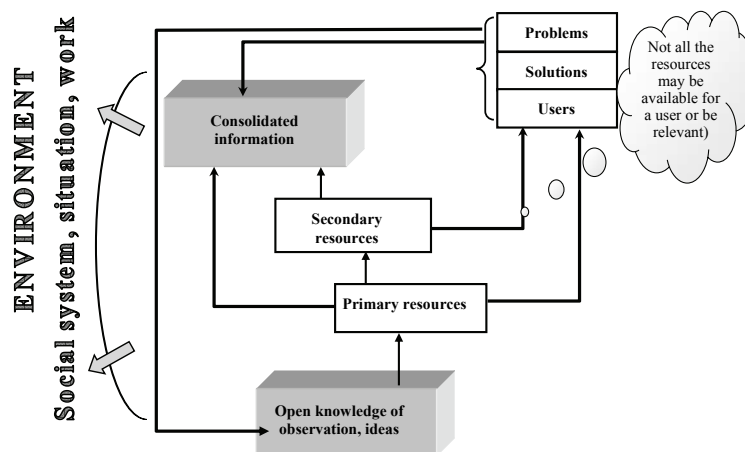


Fig. 1. The relationship between public knowledge, consolidated information and users

We believe that for the creation of an objective picture of the situation in the postal sector of Kherson region it is advisable to use RSS-aggregator. This is the client application or web application to collect messages automatically from sources that export in RSS or Atom, such as news headlines, blogs and video blogs:

- tape (lenta.yandex.ru/) and GoogleReader (www.google.com.ua/reader/);
- Google Alerts monitors important news, events for customer.

The main indicators of the quality of Internet monitoring are obviously the level of automation, completeness of coverage of information field, selectiveness when providing results, the frequency and depth of search, regular delivery of information describing the complexity of the search criteria and the degree of compliance to found materials [1].

It is also advisable to use automated web monitoring service, which combines the best features of search engines (full cover "visible" part of the Internet), software, news gatherers and traditional press services:

- Monitoring Technology News InfoStream (<http://InfoStream.ua>), for which the main sources of information are online versions of traditional media; online editions; information agencies; sites of state structures; sites of companies and organizations; blogs; forums; social networks.
- YouScan (<http://www.youscan.ru/>) - system of monitoring social media: blogs, forums, Twitter, Facebook and YouTube. Monitoring is done by keywords or phrases that a customer self-configures the system.

Internet monitoring results are given below.

We believe that by creating a consolidated information resource may withdraw postal company "Ukrposhta" on the leading position in the field of postal services. That is, the market research postal market must have a certain range of input data, based on an analysis of which conclusions about the status and prospects of the market.

To properly analyze the data we separated structured and unstructured sources and defined parameters and rules for their analysis, created a repository for structured and unstructured information sources, structured the unstructured data and as a result of the aggregation of data received consolidated informational resource of postal enterprises "Ukrposhta" in the Kherson region on Figure 2.

Consolidated information, in this context, is the information support for creating, testing and operation of the automated system of postal enterprises of Kherson region. This is collection of data sets, language methods of data description, the hierarchy of functional processes that are interconnected by streams of data, methods of organization, preservation, storage and access to information files that provide grant all the information required in the process of solving functional problems.

On the other hand, the creation of modern automated information systems is extremely complex task. To solve it the use of special techniques and tools is required.

Recently among analysts of consolidated information interest in the CASE (Computer-Aided Software / System Engineering) increased greatly. It is the technology that allows to organize and automate all phases of system development [2].

Using software BPwin and its vivid charts it is possible to solve many problems of information transfer from one object to another. The purpose of this presentation is a visual representation of how each process converts its output to the output ones, and identify relationships between these processes. [2]

Illustrated above steps of automated system aimed at maximizing profits of postal company. That is, analyzing the algorithm of the system, we are able to obtain a mathematical model of the system:

$$P = \sum_{i=1}^n (pr_n \times S) + \sum_{j=1}^m Q_m - \sum_{k=1}^t Sh_k \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 1 < pr \leq 2 \\ S = (0; +\infty) \end{cases}$$

Where:

P - Profit (hryvna)

Pr - coefficient of increase in profit for parcels with priority (for urgency)

S - Earnings per parcel with a priority equal to 1 (hryvna)

n - number of parcels with priority (pcs.);

Q-profit for ordinary parcel (hryvna)

m - number of ordinary parcels;

t - number of overdue parcels;

Sh-value of fee for k package overdue (hryvna).

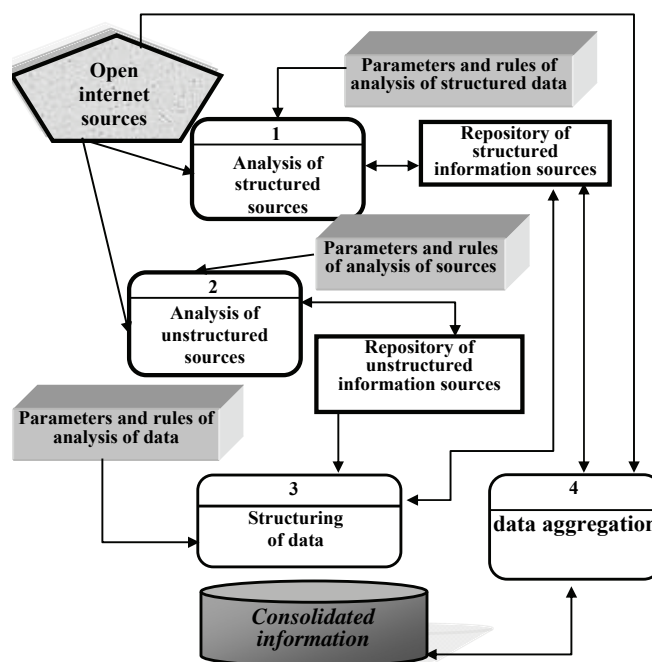


Fig. 2. Analysis of data sources to form documentation of the post office

Based on the studies above, we were able to practically implement the automated "Ukrposhta" post offices in Kherson and Kherson region" system, i.e. to create a valid database using ACCESS database in 2016 [3].

During the study it was concluded that the combination of the latest information technology of consolidation of information resources and multimedia presentation of information helps to create high-quality information products and therefore acquires relevance of combination of several information technologies in the creation of modern information products. Consolidation of information is done due to the need to ensure the information management of various social and organizational systems to support continuous process management, decision-making - from the problem to its solution.

#### REFERENCES

1. Матвієнко О.В., Цивін М.Н. Консолідована інформація: навчальний посібник. – К.: «Центр учбової літератури», 2014.–134 с.
2. Похилько, А. Ф. CASE-технология моделирования процессов с использованием средств BPWin и ERWin учебное пособие / А. Ф. Похилько, И. В. Горбачев. -Ульяновск: УлГТУ, 2008. - 120 с.
3. Золотова С.И. Практикум по Access. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 144с.

## ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРЕДПРОГНОЗНОМУ АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Антонова И.В., Чикина Н.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
61002, г. Харьков, ул. Курпичева, 2, каф. высшей математики, тел. (057) 7076-693  
E-mail: antonova2601@gmail.com

**Постановка проблемы.** Наличие факторов риска и факторов предрасположенности к различным аллергическим заболеваниям, оценка уровня адаптационно-компенсаторных возможностей организма дало возможность с определенной степенью уверенности индивидуально прогнозировать риск развития профессионально обусловленных аллергодерматозов на предприятиях химико-фармацевтической отрасли [1]. Актуальной в плане внедрения в Украине системы медицинского страхования остается задача прогнозирования уровня заболеваемости профессионально обусловленными патологиями.

**Анализ литературы.** Как правило, при анализе временных рядов (ВР) используются методы, дающие количественный прогноз. Для ВР, у которых гипотеза о существовании тренда не подтверждается, такие методы не продуктивны [2]. В работе [3] обосновываются причины малой информативности статистических показателей как следствие наличия фрактальных свойств во временном поведении рядов, эмпирическая функция распределения которых не согласуется с нормальным распределением. Поэтому для обнаружения общей тенденции поведения ВР предлагается на этапе предпрогнозного анализа использовать методы теории хаоса, которые дают возможность провести качественный анализ исследуемого ВР. По этой же причине многие аналитики обоснованно предположили, что распознать в хаотическом движении новые закономерности им поможет фрактальная природа ВР [4-5].

В настоящее время, судя по ряду публикаций, можно отметить намечающуюся тенденцию использования графических тестов в процессе моделирования социально-природных ВР методами нелинейной динамики. Наиболее популярным является графический тест хаоса, предложенный Гилмором [6]. Этот тест выявляет неустойчивые квазициклы, заключенные в странном аттракторе.

Поскольку ни одна математическая модель не в состоянии вместить всего многообразия реально существующих естественных связей, то для усиления структурированности данных предлагается провести процедуру агрегирования ВР [7].

**Цель исследования.** Пусть заданы скалярные эквидистантные временные ряды  $X^1 = \{x^1(t_i)\}_{i=1}^N$  и  $X^2 = \{x^2(t_i)\}_{i=1}^N$ , измерения которых  $x^1(t_i)$  и  $x^2(t_i)$  в моменты наблюдений  $t_i, i = \overline{1, N}$ , характеризуют количество рабочих предприятия [1], у которых зафиксировано наличие (Группа риска 1, далее ГР1) или отсутствие (Группа риска 2, далее ГР2) в анамнезе профессионально обусловленных аллергодерматозов. Целью настоящих исследований является проведение предпрогнозного анализа исследуемых ВР  $X^1$  и  $X^2$  соответствующих групп риска на основе характеристик квазициклов их фазовых портретов (ФП).

Визуальный анализ графиков эмпирических функций распределения позволяет утверждать, что поведение рассматриваемых ВР не подчиняется нормальному закону. Кроме того, эти ряды не обладают свойством стационарности. Частая смена знаков во временных рядах приращений  $\Delta x_i^k = x_{i+1}^k - x_i^k, i = \overline{1, N}, k = 1, 2$ , дает основание утверждать, что трендовые компоненты фактически не представляют ценной информации о дальнейшем поведении рассматриваемого ВР [3].

Инструментарий ФП является новым методом для прогнозирования ВР. Для обнаружения неустойчивых квазициклов в рассматриваемых ВР применим подход, который называется "разложением фазового портрета на квазициклы". На рисунке 1 представлены типичные квазициклы, составляющие большинство в указанных разложениях.

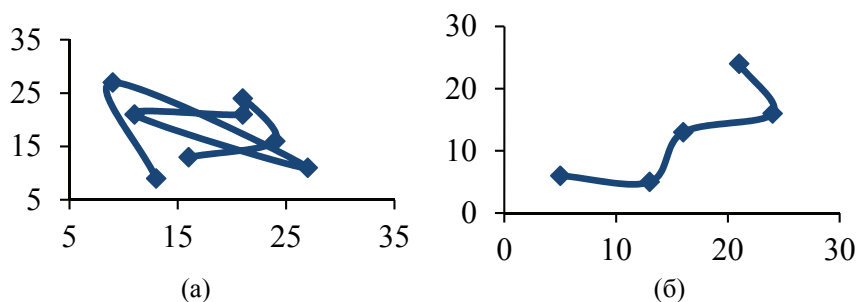


Рисунок 1. Типичные квазициклы фазовых портретов временных рядов  $X^1$  ГР1 и  $X^2$  ГР2.

Их характерной особенностью является то, что при их малой длине они содержат такие пары соседних звеньев, которые имеют противоположные направления вращения (рис. 1а). Вторая особенность рассматриваемых ФП состоит в том, что они содержат такие достаточно продолжительные отрезки, в которых отсутствует цикличность (рис. 1б). Эти две особенности подтверждают вывод о "плохих" предпрогнозных характеристиках данных ВР. Таким образом, из анализа ФП ВР  $X^1$  и  $X^2$  вытекает необходимость применения к ним процедуры агрегирования с целью улучшения их предпрогнозных характеристик.

Проведенные исследования результатов процедуры агрегирования рядов  $X^1$  и  $X^2$  показали, что удачной оказалась процедура агрегирования ВР  $X^2$  с интервалом агрегирования  $q = 3$ .

В результате разложения агрегированного ряда  $\bar{X}_2^2$  ГР2 были определены следующие квазициклы (рис. 2):

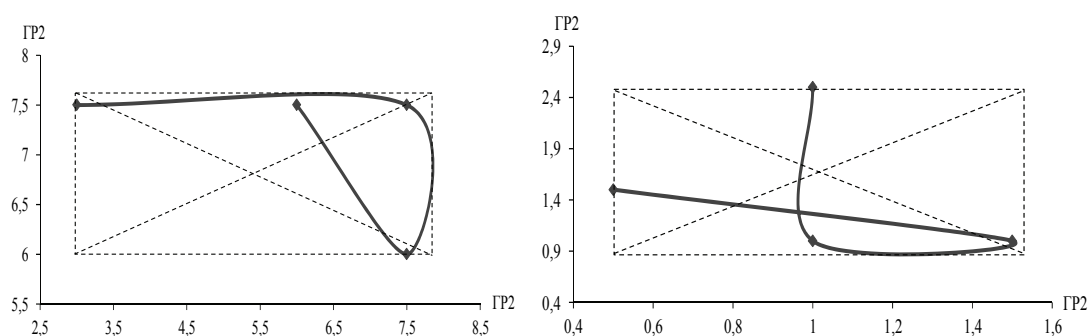


Рисунок 2. Квазициклы разложения агрегированного ряда  $\bar{X}_2^2$  ГР2.

ВР  $\bar{X}_2^2$  ГР2, полученный в результате процедуры агрегирования ВР  $X^2$  с интервалом агрегирования  $q = 3$ , содержит четко выраженную циклическую компоненту, в составе которой квазициклы длиной 4 и 8. Содержательную временную интерпретацию этих длин можно трактовать как наличие в динамике ВР  $X^2$  двух- или четырехгодичных видов цикличности.

Все звенья квазициклов имеют направление вращения по часовой стрелке, что можно рассматривать в качестве косвенной оценки минимального риска ошибочного прогнозирования рассматриваемых ВР на основе базовых характеристик квазициклов их ФП.

Из сказанного следует, что имеются достаточные предпосылки для надежного прогнозирования ВР  $X^2$ , агрегированного с интервалом  $q = 3$ . Что касается ВР  $X^1$ , то для него следует провести более детальный предпрогнозный анализ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Чикина Н.А. Изучение влияния внутренних факторов риска на развитие аллергодерматозов у рабочих химико-фармацевтических предприятий / Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Вестник НТУ "ХПИ". Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2007. – №19. – С. 195-200.
2. Антонова И.В. Применение методов фрактального анализа к исследованию временных рядов / Антонова И.В., Чикина Н.А. // Вестник НТУ "ХПИ". Серия: Информатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2015. – № 32 (1141). – С. 4-10.
3. Перепелица В.А. Математические модели и методы оценки рисков экономических, социальных и аграрных процессов / В.А. Перепелица, Е.В. Попова. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 2002. – 208 с.
4. Hong L. Decomposition and Forecast for Financial Time Series with High-frequency Based on Empirical Mode Decomposition / L. Hong // Energy Procedia. – 2011. – Vol.5. – pp. 1333-1340.
5. Z. Vařilová. The application of non-destructive methods to assess the stability of the national nature monument of the Pravčická Brána Rock Arch, Czech Republic / Vařilová Z., Zvelebil J., Hubatka F., Beneš V., Frolka, J. // AUC Geographica. – 2014. – No. 1. – pp. 49-59
6. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение / Г. Шустер. – М.: Мир, 1988. – 240 с.
7. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь / Л.И. Лопатников. – М.: Наука, 1987. – 510 с.



## ПРИМЕНЕНИЕ РЕФЛЕКСИВНЫХ МОДЕЛЕЙ РИСКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Архипов А.Е.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, проспект Победы, 37, sonet0515@gmail.com*

Традиционный подход к построению систем защиты информации (СЗИ), менеджменту безопасности информации (представленный, например, серией стандартов ISO/IEC 270XX) базируется на анализе вероятных потерь (частных рисков)  $r_i = p_{ii}q_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , обусловленных реализацией возможных угроз  $t_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  в отношении доступности, целостности и конфиденциальности информации, где  $p_{ii}$  - вероятности соответствующих информационных угроз,  $q_i$  - причиненные ими потери. Найденные значения частных рисков используются для классификация возможных угроз по их значимости - так называемая приоритезация угроз по уровню вероятных потерь, результаты которой применяются для формирования системы услуг безопасности при построении СЗИ, а также для вычисления интегрального (совокупного, обобщенного) риска  $R = P_i Q$ , характеризующего в общем потери  $Q$ , возникающие вследствие действия всей совокупности анализируемых возможных информационных угроз. Интегральный риск является универсальным показателем степени защищенности информации, позволяющим объективно оценивать уровень исходных угроз информации, обрабатываемой в информационной системе (ИС), уровень остаточных угроз (после построения СЗИ), эффективность функционирования СЗИ. Процедура нахождения интегрального риска может оказаться достаточно простой, например, при условии независимости и несовместности возможных угроз и независимости наступивших в результате их реализации последствий, интегральному риску соответствует суммарный риск  $R = \sum_{i=1}^n r_i$ . Однако для структурно сложных организаций, интенсивно использующих в своей работе

многочисленные информационные технологии с привлечением значительного объема информационных ресурсов (ИР), вычисление интегрального риска в условиях возможного воздействия угроз, допускающих совместную реализацию и появление взаимосвязанных, взаимозависимых последствий реализации этих угроз, представляет нетривиальную задачу [1, 2].

Решение этой задачи может быть получено без обращения к частным рискам, путем применения аналитических соотношений, представляющих собой линейку моделей рисков для ряда типовых ситуаций «атака-защита» в киберпространстве [2, 3]. При формировании моделей риска особое внимание уделяется мотивационно-экономическим аспектам этих ситуаций, для описания которых используется пятерка факторов:  $[q, g, D, c, s]$ , где  $g$  и  $q$  - соответственно оценки стоимости атакующей и защищаемой стороной информационных ресурсов (ИР) организации,  $D$  - затраты на подготовку и реализацию атакующих действий,  $c$  - инвестиции в СЗИ,  $s$  - степень зрелости организации-собственника ИР в сфере информационной безопасности (коэффициент, определяющий уровень эффективности инвестиций в СЗИ) [2, 3]. При этом, в зависимости от характеристик стороны атаки, формируются рефлексивные (лат. reflexus – отображение, отражение) модели рисков, отражающие специфические аспекты поведения и подготовки атакующей стороны, социально-психологический фоновый контекст ее действий, существующие (директивно определяемые) целевые установки этих действий, во многом влияющие на выбор атакующей стратегии, используемые методы и способы реализации информационных угроз. Анализ и исследование рефлексивных моделей рисков позволяет для каждой соответствующей типовой ситуации «атака-защита» оценить необходимый граничный объем  $c_{\max}$  инвестиций в СЗИ.

В соответствии с построенными рефлексивными моделями рисков в описаниях ситуации «атака-защита» можно выделить ряд базовых сценариев поведения и действий атакующей стороны [1-3]:

**Сц. 1** – «повседневный хакер» (скрипт кидди, *script kiddie*) – ситуация «атака-защита», в которой атакующую сторону представляет неопытный одиночка с крайне скромными ресурсными возможностями (в частности финансовыми), реализующий лишь низкокзатратные атаки, не имеющий достаточной подготовки и знаний для написания эксплойта или сложной программы, использующий для атаки компьютерных систем и сетей скрипты или программы, разработанные другими, не понимающий механизма их действия, не способный к самостоятельной реализации эффективных атакующих решений.

**Сц. 2** – «злоумышленник-профессионал» – атакующую сторону представляет профессионал или группа профессионалов, обладающая необходимыми знаниями, навыками и достаточным опытом, для которой хакинг – основная деятельность откровенно коммерческого характера. Злоумышленник-

профессионал обычно располагает достаточными финансово-экономическими возможностями, но для него, тем не менее, сохраняется актуальность ограничение  $D \leq g$ .

**Сц. 3** – «Профессионал-исполнитель» – ситуация, в которой атакующая сторона для достижения своих целей прибегает к услугам наемного исполнителя, обязанного при любых обстоятельствах выполнить свою работу. Как правило, в предыдущих сценариях для ситуации «атака-защита» стороны в своих действиях руководствуются принципом экономической целесообразности (разумной достаточности). Особенность же **Сц. 3** состоит именно в том, что, как правило, в связи с особой важностью поставленной перед профессионалом-исполнителем задачи, он может рассчитывать на привлечение для поддержки своих действий различных дополнительных ресурсов: финансовых, технических, информационно-аналитических, оперативных. На практике это означает возможность реализации в рамках **Сц. 3** очень высокотратных атак ( $D \rightarrow \infty$ ). При этом успешная реализация угрозы атакующей стороной оказывается практически гарантированной. Типичным примером подобной ситуации является выполнение особо важного задания сотрудником спецслужбы, являющимся профессионалом, подготовленным к осуществлению атакующих действий в киберпространстве [2, 3].

**Сц. 4** – «хактивист» – атакующая сторона – это идейный хакер («кибер-активист»), стремящийся перенести в киберпространство продвижения политических либо социальных идей (нередко достаточно сомнительного характера), организующий акции гражданского «электронного» неповиновения в киберпространстве, старающийся привлечь внимание власти и общественности (иногда в довольно жесткой форме) к тем или иным вопросам и проблемам современного общества путем синтеза социальной активности и хакерства. Как и в предыдущем варианте, в действиях хактивиста практически отсутствует коммерческий составляющая, поэтому **Сц. 4** для хактивиста, в зависимости от доступных для него ресурсов, может быть близок как к **Сц. 2**, так и к **Сц. 3**.

При проектировании и построении СЗИ организации предлагается использовать принципы рефлексивного управления: в первую очередь, исходя из анализа свойств и характеристик ИР, которыми располагает организация, следует определить стороны, потенциально заинтересованные в их получении, оценить уровни мотивации этих сторон, реальность их возможных действий в соответствии с каким-либо из рассмотренных выше сценариев, и, произведя необходимые уточнения, выяснить актуальный базовый сценарий «получения» ИР. Сведения о значениях элементов вектора  $[q, g, D, c, s]$  позволяют оценить максимальные размеры возможных инвестиций в проектируемую СЗИ и, исходя из выделенного объема инвестиций, выбрать применяемую стратегию защиты, необходимый набор услуг безопасности, комплекс реализующих их аппаратно-технических и программных средств.

В частности, в соответствии с результатами исследования моделей информационных рисков, приведенными в [2, 3, 5], для **Сц. 1** инвестиции не должны превышать  $c_{\max} = 0,25q$ , обеспечивая базовый уровень защищенности информации, для **Сц. 2** необходимым является построение КСЗИ при уровне инвестиций в диапазоне  $0,25q \leq c_{\max} \leq 0,5q$  [2, 3, 5]. Что касается **Сц. 3**, то КСЗИ, построенная в соответствии с требованиями действующих нормативных документов системы НД ТЗИ, не обеспечивает надежных гарантий защиты от атак, характерных для данного базового сценария – направленных целевых кибератак АРТ (Advanced Persistent Threat), динамических техник обхода АЕТс (Advanced Evasion Techniques). В этом сценарии применяемые сегодня комплексы защитных мероприятий малоэффективны. Перспективным может оказаться разработка так называемых проактивных систем защиты, основывающихся на упреждающих действиях защиты, основывающихся на изучении поведения и стратегии атакующей стороны, т.е. вновь-таки используя подходы и принципы рефлексивного управления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Архипов О.С., Муратов О.С. Критерії визначення можливої шкоди національній безпеці України у разі розголошення інформації, що охороняється державою: моногр. / О.С.Архипов, О.С.Муратов. – К.: Наук.-вид. відділ НА СБ України, 2011. – 195с.
2. Архипов О.С. Вступ до теорії ризиків: інформаційні ризики: моногр. / О.С.Архипов. – К.: Нац. Акад. СБУ, - 2015. – 248с.
3. Архипов А.Е. Применение экономико-стоимостных моделей информационных рисков для оценивания предельных объемов инвестиций в безопасность информации // Захист інформації. – 2015. - Том 17, №3. – С.211-218.
4. Архипов А.С., Архипова С.А. Применения мотивационно-стоимостных моделей для описания вероятностных соотношений в системе «атака-защита» // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні –2008. вип. 1(16) - С. 57-61.
5. Архипов А.Е. Экономические аспекты информационной безопасности. // Матеріали міжнародної наукової конференції. ISBN 978-617-7273-36-2 – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., ХНТУ, 2016. – 382 с., С.23-25.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННИМ ЗА СТАНОМ ЗАПІЗНЕННЯМ

Бабенко Ю.В.<sup>1</sup>, Ланська С.С.<sup>2</sup>

1. Національна металургійна академія України  
пр. Гагаріна, 4, м.Дніпро, 49600, Україна  
e-mail: JULIA9389@UKR.NET
2. e-mail: sweta\_lanskaja@mail.ru

В даній роботі досліджується вплив параметрів динамічної системи на її якісну поведінку.

Метою даного дослідження є вивчення залежності поведінки розв’язків динамічних систем з нелінійним запізненням в часі за умови варіювання параметрів запізнення. Дане дослідження проведено за рахунок моделювання розв’язків динамічних систем за допомогою імітаційної моделі, побудованої в пакеті побудови імітаційних моделей Anylogic Free Release.

Для дослідження фазового портрету динамічних систем необхідно проаналізувати поведінку розв’язків систем з різним набором параметрів моделі, щоб переглянути, до яких атракторів збігаються отримані траєкторії. Досліджувалися динамічні системи, що описуються диференціальними рівняннями з нелінійним запізненням. Були розглянуті наступні закони зміни запізнення:  $\tau(t) = \gamma \cdot \sqrt{t+0,01}$  та  $\tau(t) = \gamma \cdot t$ , з параметром  $\gamma$ , а також –  $\tau(t) = e^{0,01 \cdot t}$ .

Перша система описується наступним рівнянням

$$\begin{cases} x'(t) = b - K \cdot x(t - \tau(t)), & t > 0, \\ x(t) = \varphi(t), & t \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

де  $b$  та  $K$  є задані числові параметри системи, а  $\tau(t)$  є нелінійним запізненням.

Друга система описується наступним диференціальним рівнянням за запізненням:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = \beta u(t) - \alpha x(t - \tau), & t > t_0, \\ x(\tau) = \phi_0(\tau) \text{ при } t_0 - \tau \leq \tau \leq t_0 \end{cases} \quad (2)$$

де  $u(t) = 2 \cos(0.3t)$  – стан системи в момент часу  $t$ ,  $\beta$  та  $\alpha$  є задані числові параметри системи, а  $\tau(t)$  є запізненням. Загальний вид створених імітаційних моделей зображено на рисунках 1 та 2.

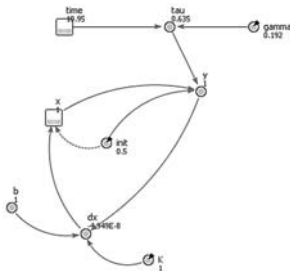


Рисунок 1 – Імітаційна модель системи (1)

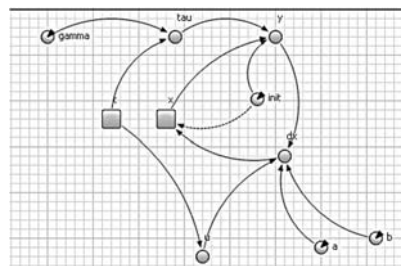


Рисунок 2 – Імітаційна модель системи (2)

В роботі розглянута поведінка розв’язків динамічної системи при 3 типах запізнення: степеневе, лінійне та експоненційне. При степеневому запізненні розв’язок динамічної системи змінює свою якісну поведінку в залежності від коефіцієнту  $\gamma$  від збіжності до певного фіксованого значення до осциляції з нескінченно зростаючою амплітудою. При експоненційному запізненні розв’язок динамічної системи виходить в сталий режим роботи починаючи з точки, в якій величина запізнення  $\tau(t)$  зрівнюється з часом  $t$ . У випадку лінійного запізнення  $\tau(t) = \gamma t$  розв’язок систем (1) та (2) розбігається.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Солодова Е.А. Новые модели в системе образования: синергетический поход / Е.А. Солодова // Москва: ЛИБРОКОМ, 2013– 342 с., ил.
2. Бабенко Ю.В. Дослідження параметрів імітаційної моделі динамічної системи зі змінним за станом запізненням / Ю.В. Бабенко, С.С. Ланська // Системні технології. Регіональна міжвузівська збірка наукових праць. – Випуск 4 (111). – Дніпро, 2017. – С. 3–11.

**КРИТЕРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ****Барабаш О.В.,***д.т.н., професор, КНУ імені Тараса Шевченка, bar64@ukr.net***Мусієнко А.П.,***к.ф.м.н., КНУ імені Тараса Шевченка, mysienkoandrey@gmail.com***Коваль М.О.,***аспірант, КНУ імені Тараса Шевченка, teckkill-a@live.com*

Бездротові сенсорні мережі щороку все активніше проникають у всі галузі промисловості та сфери діяльності людини. На даний час вони широко використовуються не тільки для збору і обробки даних та керування промисловими об'єктами, але і у звичайному побуті у вигляді Інтернету речей. Бездротова сенсорна мережа вже перестала бути тільки об'єктом наукових досліджень і перетворюється на масовий продукт, який випускають багато виробників. В доповіді буде розглянутий математичний апарат для кількісної оцінки функціональної стійкості системи обміну даних бездротової сенсорної мережі.

Під функціональною стійкістю розуміється властивість системи виконувати свої функції протягом заданого часу при впливі потоку експлуатаційних відмов, навмисних ушкоджень, втручання в обмін і обробку інформації, а також при помилках обслуговуючого персоналу. Фактично функціональна стійкість складної технічної системи, до якої відноситься бездротова сенсорна мережа, поєднує властивості надійності, відмовостійкості, живучості і характеризує здатність об'єкта до відновлення працездатного стану за рахунок використання надмірності.

Математична модель представлення структури системи обміном даними має вид неорієнтованого графа  $G(V, E)$ ,  $v_i \in V$ ,  $e_{ij} \in E$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$ , описуваного матрицею суміжності. Множині вершин  $V$  відповідає вузлам бездротової сенсорної мережі розмірності  $n$ , а множині ребер  $E$  – елементарним перевіркам між вузлами системи. Приймається, що система обміну даними буде виконувати основну функцію – обмін даними, якщо між будь-якою парою вузлів знайдеться хоча б один маршрут передачі інформації. Таким чином, вимога зв'язності графа дає підставу кількісно оцінити властивість функціональної стійкості системи обміну даних.

Структура системи обміном даними є функціонально стійкою, якщо граф структури є однокомпонентним і не має мостів і вузлів з'єднання. Структура системи обміном даними є функціонально нестійкою, якщо її граф є багатокомпонентним і незв'язаним.

Таким чином, по зовнішньому вигляду графа, а саме по числу компонентів, наявності мостів і вузлів з'єднання графа, можна судити про функціональну стійкість структури, тобто про закладену в ній здатність парити відмови і ушкодження. Однак для сильно розгалужених і багатoverшинних графів здійснити оцінювання по зовнішньому вигляду складно. Тому для кількісної оцінки ступеня функціональної стійкості введемо в розгляд показники функціональної стійкості структури:

Число вершинної зв'язності  $\chi(G)$  – це найменше число вершин, видалення яких разом з інцидентними їм ребрами приводить до незв'язного чи одновершинного графа.

Число реберної зв'язності  $\lambda(G)$  – це найменше число ребер, видалення яких приводить до незв'язного графа.

Імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  – це імовірність того, що повідомлення з вузла  $i$  у вузол  $j$  буде передано за час не більше  $t$ .

Аналіз даних показників дозволяє виділити такі їх особливості:

1) числа вершинної і реберної зв'язності характеризують тільки поточну структуру, не залежно від надійності вузлів комутації чи ліній зв'язку;

2) показники  $\chi(G)$  і  $\lambda(G)$  приймають значення цілих чисел і зв'язані співвідношенням:  
 $\chi(G) \leq \lambda(G)$ ;

3) імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  дозволяє враховувати надійність комутаційного обладнання, вид фізичного каналу передачі інформації, наявність резервних каналів і маршрутів, а також зв'язність розподіленої структури. Разом з тим, обчислення значення  $P_{ij}(t)$  є складною і громіздкою задачею;

4) імовірність зв'язності характеризує тільки зв'язність між однією парою вершин.

На основі запропонованих ознак і показників можна розробити критерії функціональної стійкості структури. Структура буде функціонально стійкою, якщо число вершинної зв'язності задовольняє умові

$\chi(G) \geq 2$ , а число реберної зв'язності  $\lambda(G) \geq 2$ . Структура буде функціонально стійкою, якщо імовірність зв'язності між кожною парою вершин буде не менш заданої:  $P_{ij}(t) \geq P_{ij}^{zad}$   $i \neq j, i, j = 1 \dots n$ , де  $n$  – число вершин графа  $G(V, E)$ .

Наведені критерії дозволяють на основі точних розрахунків визначити функціональну стійкість поточної структури системи обміну даних бездротової сенсорної мережі.

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕТЕРОГЕННІ ФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ

Баранов Г.Л., Прохоренко О.М.

Національний транспортний університет, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, prohorenko\_s@ukr.net

**Вступ.** Природні, соціо-технологічні, гібридні та гетерогенні явища, які відносяться до класу процесів у складних динамічних системах (СДС) відбуваються у конкретних межах просторово-часових континуумах (ПЧК) формальне визначення реальних явищ у ПЧК для розв'язування задач моделювання починається з означення конкретної системи координат (центра та одиничних векторів). Доповнення систем координат відбувається завдяки вибору: одиниць виміру; масштабів характеристики; шкали точної параметризації.

**Постановка задачі.** Відношення розмірності та подібності між реальними об'єктами СДС та моделями визначають конструктивну ефективність методи та засобів моделювання гетерогенних явищ. Досягнення реальних результатів при застосування методів моделювання СДС можливо за умов декомпозиції цілісного ПЧК, яке характеризує нестационарне зовнішнє навколишнє оточуюче середовище (ЗНОС) з реальною трансформацією змін впливу різноманітних факторів ЗНОС на СДС.

**Запропонований підхід.** Розподіл цілісного ПЧК робимо на три складових частки. Ядро головного процесу повинно знаходитися в середині околу ПЧК 1 з відповідною конкретизацією діапазонів для просторових та часових змінних параметрів. На контактній поверхні околу ПЧК 2 відбуваються балансні обміни (вплив – реакція) між інтегрованою поверхнею СДС та віддаленим на певну відстань дослідження ПЧК 3. В середині ЗНОС знаходиться дана СДС, яку за сенсом кожної конкретної задачі описуємо, як ПЧК 3 з іншими характерними основними параметрами. Таким чином з урахуванням ієрархічної природної вкладеності та відповідно до змін масштабів формули розмірності повинні мати вигляд степеневих одночленів [1-3].

**Основний матеріал.** Розмірність одиниці виміру атрибута параметру якості процесів функціонування СДС дозволяє в адекватній формі визначати вказану  $P_i$  властивість через основні одиниці виміру. Вони зафіксовані як атрибутивності якості у класі  $P_i \in P$  для конкретної системи одиниць виміру гетерогенного явища.

Будь-яка величина  $a$  може бути описана, як це запропонував Д.Максвел у вигляді скобки, символу  $[a]$ , що далі має відповідну розмірність. Наприклад у системі одиниць виміру з двох базових понять:

1) відстань ( $L$  довжина, тривалість неперервності простору між початковою позицією або точкою центру системи координат та кінцевою позицією), наприклад, у  $L \equiv L^{+1}$  метрах;

2) «період тривалості  $T$  часу», що вимірюємо між початковим та кінцем інтервалу неперервного потоку зміни кроків часу, наприклад, у  $T \equiv T^{+1}$  [секундах]. Більші або менші градації за потреб практиці використовують, наприклад,  $10^{\pm k}$  масштабні коефіцієнти для відповідних шкал.

Єдиний ПЧК в якому відбуваються природні явища, події чи стани можливо характеризувати – класифікувати відповідними  $L^p T^s$  атрибутами об'єкта СДС. Кожен атрибут описує, визначає <поняття>, яке характеризує даний унікальний об'єкт чи інші нетотожні об'єкти але подібні друг другу у сенсі множинного багаторазового прояву однакового атрибуту параметру якості у системі одиниць виміру певного класу.

У якості базової аксіоми існування такого поняття параметру  $[a_{ps}]$  будемо кожний показник описувати у вигляді унікального символу  $[a_{ps}] = L_1^p T^s$ , де ціле чисельні значення  $p$  та  $s$  можуть мати як додатні (позитивні так  $p > 0; s > 0$ ) так й від'ємні (негативні  $p < 0; s < 0$ ) значення у сенсі Роберта Ортегі ди Бартіні [1-2]. Кожне природне фізичне поняття можна записати символічне з урахуванням одночасно для  $\pm p$  так й  $\pm s$  унікальності обох знаків у системно єдиному об'єкті. Код поняття числа  $d = \pm p \pm s$  в алгебраїчній системі для ПЧК характеризує класифікаційний клас моделей подібності для точкового

позиціонування категорій понять у даному ПЧК у цілочисельними координатами відповідно по  $\rho$  та  $s$  будуємо за двома вісями  $OL$  та  $OT$  ортогональну систему координат  $LOT$ . Можливі групи понять простору на базі: лінійної відстані та  $L^+T_{+1}^0$ ; просторово 2D площа буде  $(L^+T_{+1}^0)^2 = L^{+2}T_{+2}^0$ ; об'ємний простір 3D  $(L^+T_{+1}^0)^3 = L^{+3}T_{+3}^0$ .

Аналогічно симетрії ПЧК для ситуативних часових подій існують три базових поняття: період тривалості часу  $L^0T_{+1}^{+1}$ ; поверхня часу  $(L^0T_{+1}^{+1})^2 = L^0T_{+2}^{+2}$ ; обсяг часу у сенсі об'єму  $(L^0T_{+1}^{+1})^3 = L^0T_{+3}^{+3}$ . На координатній вісі  $OT$  точка  $L^0T_0^0$  - означає базове поняття системного аналізу стосовно моменту <само зараз, у даному  $T^0$  інтервалі часу> позначеною ситуацією. Початкова точка відліку  $T^0$  далі дозволяє характеризувати причино-наслідкові події за стрілкою часу у ПЧК. Поняття  $L^0T_{+1}^{+1}$ ,  $L^0T_{+2}^{+2}$ ,  $L^0T_3^3$  в околі ПЧК означають наступну єдність часового тригранника (аналогічно триграннику Ейлера для простору). Вздовж ведучої вісі часу у межах поняття  $L^0T_{+1}^{+1}$  відбуваються переважно найшвидші головні процеси змін руху. Ортогональна до цих подій відома подія  $L^0T_{+2}^{+2}$  характеризує зміни у часі стосовно активізованих процесів з поки що меншою швидкістю. Якщо реальний процес більш складний з появою додаткової топологічної грані, яка ортогональна вища означеної площині тоді подія  $L^0T_3^3$  характеризує поняття обсяг часу у межах цілісного часового тригранника повномасштабного явища. Ортогональний часовий тригранник дозволяє враховувати кумулятивні та резонансні процеси з іншими гетерогенними темпами. Тригранник часових подій  $\{L^0T_{+1}^{+1}, L^0T_{+2}^{+2}, L^0T_3^3\}$  логічно описує майбутній розвиток причино-наслідкових процесів покрокового, почергового виникнення мотивованих механізмів сил та моментів на відповідну відносно почергових подій грань індукованого синергетичного явища. Ланцюг еволюційних та різномісних змін описується за схемою <окіл  $L^0T_0^0 \rightarrow$  період тривалості  $L^0T_{+1}^{+1} \rightarrow$  поверхня часу  $L^0T_{+2}^{+2} \rightarrow$  обсяг  $L^0T_3^3$  часових подій>. Цей ланцюг дозволяє отримати прогностичний кінцевий результат майбутньої модельованої комплексної інтеграції процесів СДС. Симетричний тригранник часових подій  $\{L^0T_{-1}^{-1}, L^0T_{-2}^{-2}, L^0T_{-3}^{-3}\}$  логічно описує ретроспективний розвиток у минулому до події  $L^0T_0^0$ . Таким чином означимо кінцевий результат за схемою <зміна кутового прискорення  $L^0T_{-3}^{-3} \rightarrow$  кутове прискорення щільності  $L^0T_{-2}^{-2} \rightarrow$  частота змін  $L^0T_{-1}^{-1} \rightarrow$  окіл  $L^0T_0^0$  оригіналу>.

У даній роботі поняття тривимірності у різних одиницях вимірів (лінійних – 1; просторових – 2 плоских; просторових – 3 об'ємних) для  $L$  топології простору та  $T$  топології часу орієнтує різноманіття 46 категорій в єдиному околі ПЧК. У межах глобальної синергетичної решітки СДС парна номінальна параметризація  $L^0T^5$  відображає класи: СТАТИКА (ребра); КІНЕМАТИКА (грані); ДИНАМІКА (вершини). Технологія моделювання комплексних гетерогенних режимів функціонування СДС у нестационарному ЗНОС потребує ефективних алгоритмів відображення взаємозалежностей між ієрархічними групами елементів (22 ребра, 12 граней та 12 вершин) СДС. Топологічний та геометричний опис між точковими 12 вершинами динаміки дозволяє застосувати орієнтовані графи  $G_i(B_i, Q_i)$ , де кожний підграф  $l$  пов'язує відповідні групи вершин  $B_i$  та  $Q_i$  грані, які побудовані з базових ребер  $i$  та  $j$  конкретної підмоделі. Між всіма вершинами (уніфікованими поняттями СДС) можливо визначати інтегро-диференціальні відношення у функціонально-алгебраїчному формалізмі степеневих двочленів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бартини ди Р.О. Соотношения между физическими величинами./В сб.: Пролемы теории гравитации и элементарных частиц. М. Атомиздат. 1966, - с. 249-266.
2. Бартини ди Р.О., Кузнецов П.Г. Множественность геометрий и множественность физик /В сб.: Моделирование динамических систем. Брянск, 1974, - с.18-29.
3. Баранов Г.Л. Моделирование интеграционных режимов функционирования транспортных та энергетических объектов в условиях риска. /Баранов Г.Л. О.М Прохоренко//Информационная безопасность/ Научный журнал. Луганск 2014, №1(13) - с. 79-90.

**ВЕБІНАР ЯК ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ,  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ**

**Бацуровська І.В.**

*к.п.н., доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Миколаївського національного аграрного університету;  
e-mail: bacurovska@outlook.com*

Вебінар для підготовки магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки є одним з сучасних методів в освіті. Під вебінаром будемо розуміти інтерактивне онлайн-заняття, що проводиться викладачем зі студентами дистанційно з використанням програмних засобів і мережевих ресурсів [1]. Технологія підготовки та проведення вебінару для магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки потребує визначення певних етапів. Основною умовою ефективного вебінару є ретельна підготовка до нього всіх його учасників. Зокрема, необхідно провести технічну підготовку, поставити цілі, визначити зміст, обрати форму проведення, визначити методи. Технічна підготовка передбачає вибір платформи вебінарів, з'ясування відповідності вимог платформи та власних технічних можливостей, проведення тестового доступу для усунення проблем та ознайомлення учасників з інтерфейсом віртуального класу. Технічні вимоги можуть відрізнятися в залежності від платформи вебінару [2].

У процесі підготовки до проведення вебінарів для магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки доцільно звернути увагу на наступні аспекти [3]:

1. Завчасна підготовка до участі та оголошення про дату та час його проведення: всі учасники повинні заздалегідь потурбуватися про наявність необхідного обладнання та відповідного каналу Інтернет зв'язку, для перевірки роботи системи увійти до віртуальної кімнати за 10-15 хвилин до початку вебінару; перевірити звук та можливість ставити та задавати запитання всіма учасниками. Це дозволить мінімізувати ризики технічних «накладок» під час проведення вебінару.

2. Вибір теми, педагогічна доцільність постановки мети та завдань вебінару: слід розкрити основні пункти доповіді, питання обговорення та головну мету проведення вебінару, яка б дала змогу студентів з'ясувати потребу його участі у віртуальному семінарі та шляхів подальшого використання записаних відеоматеріалів.

3. Добір матеріалу, який розглядатиметься на вебінарі: необхідно чітко спланувати співвідношення вивченого та нового матеріалу, сформулювати проблемі запитання та підготувати описи відповідних кейсів, передбачити обговорення запитань в малих групах та парах, розпланувати участь кожного із його учасників, розписати відповідні ролі, забезпечити студентів конкретними завданнями для самостійного опрацювання матеріалу та чіткими критеріями його оцінювання, запропонувати спеціально розроблені форми взаємооцінювання та самооцінювання.

4. Методична підготовка викладача та студентів до семінару: викладач має поділити зміст теми на конкретні питання; заздалегідь описати рекомендації щодо підготовки всіх учасників до їх обговорення, розробити інструкції опрацювання основної та додаткової літератури; обрати форми самостійних повідомлень студентів - доповідь, виступ, опанування; підготовка презентації тощо; залежно від мети проведення вебінару необхідно розробити показники його оцінювання та форми проведення рефлексії.

5. Сценарій проведення вебінару. Доцільно прописати з вказуванням часу такі основні етапи вебінару: повідомлення теми, мети та завдань заняття; надання слова студентам для повідомлення з питань тематики вебінару, коментар щодо повідомлення студентів; концентрування уваги студентів на питаннях, які передбачені планом; постановка запитань у процесі повідомлення, що спонукають до дискусії, вимагають доказовості, міцності знань, винахідливості, підведення підсумків заняття, завдання для подальшого самостійного опрацювання матеріалу; оцінювання та стимулювання до активної участі студентів у вебінарі, оцінювання відповідей та активної участі у роботі вебінару;

6. Підведення підсумків вебінару: після проведення заняття викладач має провести аналіз, за яким визначити чи розкрита тема, які знання здобули студенти, ставлення до заняття студентів і їх творча активність, досягнення мети заняття.

Розглянемо детальніше технологію підготовки змісту вебінару для магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Під час формування змісту доцільно розділяти його на три категорії: інформація, яку магістранти зможуть прочитати чи переглянути самостійно; інформацію, яку учасники зможуть отримати від викладача; знання, які учасники зможуть набути під час взаємодії з іншими учасниками. Для проведення змістовного вебінару, студенти мають бути відповідним чином підготовлені. Мають бути подані сучасні статті, відеофільми, що надають можливість перегляду роботи в електричних лабораторіях, візуалізацію окремих практичних елементів роботи з електричними приладами, інструкції з техніки безпеки, та наслідки їх порушень у вигляді анімацій, а також інші матеріали, які можна застосувати безпосередньо під час вебінару [3; 4].

Під час проведення вебінару для магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки доцільно дотримуватись таких прийомів:

1. Підвищення інтересу до предметів зі спеціальності.
2. Дотримання принципу доступності підготовленого матеріалу.
3. Перед початком доповіді доцільно поставити питання, які дозволять оцінити рівень знання і досвіду магістрантів.
4. В окремих випадках доцільно провести попереднє тестування.
5. Активізація пізнавальної діяльності, визначення критичних точок віртуального семінару [4;5].

У процесі вебінару магістрантам може бути запропоновано: відповіді на різні запитання, в тому числі проблемні, риторичні; розв'язати задачі, завдання (бажано, щоб вони були орієнтовані на створення певного освітнього продукту: електронної таблиці, малюнку, схеми); вирішити завдання з кейсу; обговорення у невеликих групах [1]. Для проведення навчальних занять, сервіс вебінарів має бути спеціалізованим та інтегрованим з популярними системами дистанційного навчання, забезпечувати супровід вебінару до і після заняття, публікацію навчальних матеріалів, аналіз активності студентів у вебінарі, тестування тощо [2].

Відповідно, після проведення вебінару, на робочому сайті мають бути розміщені: запис вебінару для подальшого використання та аналізу, зокрема під час проходження електромонтажних практик. Також має бути перевірена якість отриманих знань від вебінару за допомогою тестування [4; 5].

Таким чином, вебінар як засіб підготовки магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки передбачає реалізацію таких етапів як попередня підготовка викладача та студентів до дистанційного онлайн-заняття, коротку доповідь викладача та інтерактивну взаємодію учасників, обговорення, рефлексію в залежності від виду вебінару. Робота магістрантів над темою вебінару може бути продовжена асинхронно за допомогою створеного форуму. Пізнавальна діяльність майбутніх магістрів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки у форумі з теми вебінару може бути організована за рахунок послідовного розвитку теми, що ґрунтується на системі взаємопов'язаних навчальних завдань, розгляду коментарів викладача та магістрантів, коментування, інтерпретація і розвиток висловлених ідей, аналізу зворотного зв'язку і наступних коментарів та підведення підсумків і рефлексії.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. <http://osvita.ua/vnz/43979/> - Сайт «Вища освіта в Україні».
2. Освітні новинки на тематичних вебінарах. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.microsoft.com/ukraine/webinar/> (10.03.17). – Назва з екрану.
3. Olivia Mitchel. 18 Tips on How To Conduct an Engaging Webinar. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://speakingaboutpresenting.com/presentation-skills/how-to-conduct-engaging-webinar/#comment-6095> (10.03.17). – Назва з екрану.
4. Tips for Webinars: How to Add Impact When You Present Online. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?article=561&section=best\\_practices](http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?article=561&section=best_practices) (10.01.17). – Назва з екрану.
5. Webinar Tips for Presenters and Attendees. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.timeatlas.com/news/opinions/webinar\\_tips\\_for\\_presenters\\_and\\_attendees](http://www.timeatlas.com/news/opinions/webinar_tips_for_presenters_and_attendees). – Назва з екрану.

#### ФІЛЬТР-СПОСТЕРІГАЧ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ

**Безкоровайний Ю.М., Ермоласва О.В.**

*Кафедра систем управління літальних апаратів*

*Національний авіаційний університет, 03058, м.Київ, просп. Космонавта Комарова, 1  
y\_bezk@mail.ru, olgermol@yandex.ru*

Для вирішення деяких задач оцінки якості функціонування складних рухомих об'єктів буває необхідно оцінити значення відхилення органів управління по даним сигналів керування, що поступають на вхід виконавчих пристроїв органів керування. Прикладом такої задачі може бути дешифрування записів бортових реєстраторів літальних апаратів, як при виконанні штатних польотних завдань, так і при розслідуванні авіаційних подій, оцінка динаміки руху стелю кутів рухів з системою управління без зворотнього зв'язку (на крокових двигунах), тощо.

Нехай закон керування виконавчого пристрою, що відхиляє органи керування рухомим динамічним об'єктом, можна описати системою рівнянь вигляду



$$u = W_u^{u_0} u_0 + \xi, \quad (1)$$

де  $u_0$  - сигнал керування, що поступає на вхід виконавчого пристрою,  $u$  - відхилення органу керування динамічного об'єкту,  $W_u^{u_0}$  - матриця передаточних функцій, що описує моделі динаміки виконавчих пристроїв,  $\xi$  - збурення, що спотворює сигнал керування.

Сигнал керування вимірюється за допомогою вимірювальної системи, яка описується системою рівнянь

$$y = Ku_0 + \varphi, \quad (2)$$

де  $y$  - вихідний сигнал системи вимірювання,  $u_0$  - матриця передаточних функцій, що описує динаміку системи вимірювання,  $\varphi$  - адитивні збурення, що виникають в процесі вимірювання.

Результат вимірювання оцінюється за допомогою оптимальної системи фільтрації, закон функціонування якої можна описати рівнянням

$$\hat{u} = Gy = GKu_0 + G\varphi, \quad (3)$$

де  $\hat{u}$  - оцінка сигналу керування,  $G$  - матриця передаточних функцій оптимальної системи оцінювання.

Дану систему можна зобразити за допомогою наступної структурної схеми

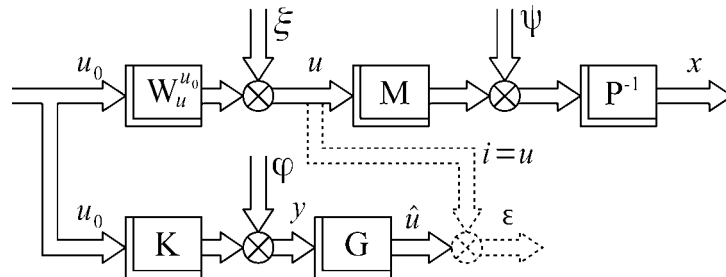


Рис. 1: Структурна схема системи спостереження сигналу керування

Параметром, що характеризує якість функціонування системи оцінювання використовується помилка системи вигляду

$$\varepsilon = \hat{u} - u, \quad (3)$$

а показником якості системи оцінювання є середньо-квадратичний функціонал вигляду

$$e = \frac{1}{j} \int_{-j\infty}^{j\infty} tr\{RS_{\varepsilon\varepsilon}^T\} ds, \quad (4)$$

де  $S_{\varepsilon\varepsilon}$  - матриця спектральних щільностей помилок системи,  $R$  - позитивно-визначена матриця вагових коефіцієнтів,  $tr\{\cdot\}$  - слід матриці.

Задачею синтезу є визначення структури і параметрів функції  $G$  на класі лінійних стаціонарних фізично реалізованих функцій комплексної змінної, що забезпечує мінімум значення показника якості (4).

Алгоритм вирішення даної задачі для скалярного випадку наведено у [1].

Якщо порівняти отриманий алгоритм [1] з алгоритмом синтезу фільтра Вінера-Колмогорова [2] можна помітити, що ці алгоритми мають деяку різницю, проте, якщо допустити, що збурення  $\xi$  виконавчого пристрою (1) є некорельовані зі збуреннями  $\varphi$ , що діють на вимірювач (2) та з сигналом керування  $u_0$ , алгоритм синтезу оптимального фільтра-спостерігача [1] зводиться до алгоритму синтезу оптимального фільтра Вінера-Колмогорова [2].

Розглянемо функціонування замкненої систему стабілізації в контурі якої необхідно виконувати спостереження сигналу керування. Нехай рух динамічного об'єкту описується системою звичайних диференціальних рівнянь, перетворених по Лапласу виду

$$Px = Mu + \psi, \quad (5)$$

де  $P$  та  $M$  - поліноміальні матриці комплексної змінної, що відповідають лівій та правій частині диференціальних рівнянь перетворених по Лапласу,  $x$  - вектор сигналів вихідних реакцій системи,  $u$  - вектор сигналів вхідних керувальних впливів,  $\psi$  - вектор збурювальних впливів з відомою моделлю динаміки.

Для забезпечення стабілізації даного динамічного об'єкту використовується система, що формує сигнал зворотного зв'язку

$$u_0 = Wx, \quad (6)$$

де  $W$  – матриця передаточних функцій регулятора у зворотному зв'язку.

При цьому сигнал (1) відхилення органів керування рухомих об'єктом  $u$  буде мати вигляд

$$u = W_u^{u_0} Wx + \xi. \quad (7)$$

Сигнали відхилення положення рухомого об'єкта  $x$ , сигналу керування  $u_0$  та відхилення органів керування рухомих об'єктом  $u$  з одночасним введенням еквівалентних передатних функцій можна записати як

$$\begin{aligned} x &= (P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \psi + (P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \xi, \\ u_0 &= W(P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \psi + W(P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \xi = F_{u_0}^{\psi} \psi + F_{u_0}^{\xi} \xi, \\ u_0 &= W_u^{u_0} W(P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \psi + P(P - MW_u^{u_0} W)^{-1} \xi = F_u^{\psi} \psi + F_u^{\xi} \xi. \end{aligned} \quad (8)$$

Дану систему можна проілюструвати наступною структурною схемою

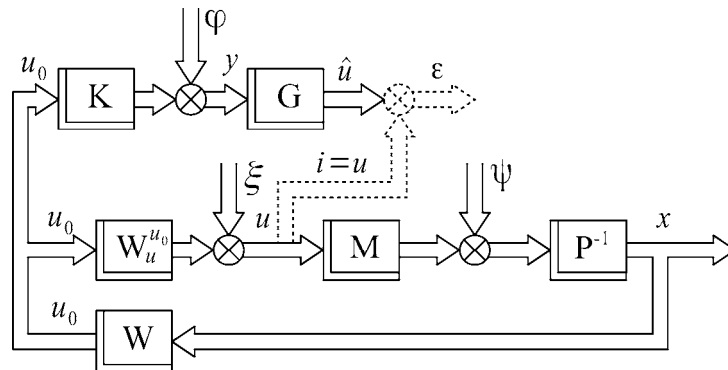


Рис. 2: Структурна схема спостереження сигналу керування замкненої системи

Транспоновані матриці спектральних та взаємно-спектральні щільностей сигналів (8) будуть мати вигляд [3]

$$\begin{aligned} S'_{u_0 u_0} &= F_{u_0}^{\psi} S'_{\psi \psi} F_{u_0}^{\psi *} + F_{u_0}^{\psi} S'_{\xi \psi} F_{u_0}^{\xi *} + F_{u_0}^{\xi} S'_{\psi \xi} F_{u_0}^{\psi *} + F_{u_0}^{\xi} S'_{\xi \xi} F_{u_0}^{\xi *}, \\ S'_{u_0 \xi} &= F_{u_0}^{\psi} S'_{\xi \psi} + F_{u_0}^{\xi} S'_{\xi \xi}. \end{aligned} \quad (9)$$

Як слідує з наведених співвідношень(9), навіть якщо значення сигналу збурення  $\xi$  у стохастичних умовах функціонування статистично не пов'язане зі значенням сигналу керування  $u_0$ , взаємно-спектральна щільність  $S'_{u_0 \xi}$  має ненульове значення, тобто при наявності зворотного зв'язку у контурі керування структура і параметри оптимального фільтра-спостерігача сигналів керування, що синтезовано за допомогою пропонуваного алгоритму, має переваги перед фільтром-спостерігачем зі структурою та параметрами, що синтезовано за допомогою алгоритму Вінера-Колмогорова.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Bezkorovainyi Y.N. Synthesis Algorithm of the Mobile Plant Control Signals Observer // Y.N. Bezkorovainyi, O.V. Ermolaeva // Electronics and Control Systems. – 2016. –№3(49). – С.22-25.
2. Статистична динаміка систем управління: Підручник / Л.М. Блохін, О.П. Кривоносенко та ін. – К.:НАУ, 2014. – 300с.
3. Oppenheim A. Signals, Systems and Inference / A. Oppenheim, G. Verghese – Prentice Hall, 2015. – 608pp.

## ОЦІНЮВАННЯ РОБАСТНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ РІЗАННЯ З ОПТИМАЛЬНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ДЛЯ СТРІЧКОВОЇ ПИЛОРАМИ

Березюк І. А.

25006, м. Кропивницький, пр. Університетський 8, Центральнoукраїнський національний університет,  
e-mail:shapovalovai@ukr.net

Одним із способів підвищення енергетичної ефективності та продуктивності, а також покращення якості обробки на деревообробних верстатах є застосування систем управління режимами деревообробки, які мають технологічний зворотній зв'язок для підтримання на заданому рівні одного або декількох параметрів. Для стрічкових пилорам в якості такого параметру використовується потужність різання, що вимірюється як споживана потужність електроприводу головного руху.

На основі нових підходів [1,2] до створення системи стабілізації потужності різання на стрічковій пилорамі визначено нові моделі динаміки об'єкту управління ( системи ”деревообробний верстат – процес різання”) та збурень, які супроводжують процес обробки [5], а також знайдено структуру та параметри оптимального регулятора, який забезпечує підвищення точності стабілізації потужності різання на два порядки [6].

Слід зауважити, що функціонування системи стабілізації потужності різання відбувається в умовах невизначеності, яка проявляється в наступному:

– ріжучі властивості інструменту безперервно змінюються і складно визначити його характеристики в даний момент часу;

– властивості технологічної системи верстата невизначені, оскільки піддаються впливу випадкових збурень, які важко виявити;

– фізико – механічні властивості деревини змінюються випадковим чином від колоди до колоди.

В роботі [4] показано, що доставляючи мінімум квадратичному критерію якості вибором структури та параметрів регулятора, одночасно тим самим забезпечується певна грубість системи до зміни структури об'єкта управління або в термінах робіт [3,4] досягається робастність по відношенню до неструктурованих збурень.

Тому питання про вплив зміни структури та параметрів об'єкта керування на якість процесу керування в оптимальній системі потребувало подальших досліджень, мета яких була сформульована як визначення класу неструктурованих збурень, вплив яких не призводить до втрати стійкості системи з оптимальним регулятором. Для цього і виконані дослідження робастної стійкості.

В результаті аналізу існуючих методів та алгоритмів визначення робастної стійкості обрано метод викладений в [ 4 ].

В термінах сформульованих в роботі [4] регулятор  $W_{pez}$  робастно стабілізує об'єкт керування, якщо він стабілізує будь – яку збурену модель  $W_{\Delta}$ , яка є комбінацією номінальної моделі  $W_{ob}$  та невизначеності  $\Delta \in D$ , де  $D$  є класом можливих невизначеностей, який включає випадок  $\Delta=0$ .

Для оцінки робастної стійкості використано теорему 5.15 з [4], згідно з якою регулятор  $W_{pez}$  забезпечує стійкість нового об'єкта  $W_{\Delta}$  для будь-якого  $\Delta \in D_{\varepsilon}$  та будь – якого стандартного об'єкта  $W_{ob}$ , який є стабілізованим та детектованим тоді і лише тоді, коли система номінальний об'єкт + оптимальний регулятор ( $W_{pez}$ ) є стійкою;  $\infty$  - норма

$$\|L(W_{ob}, W_{pez})\|_{\infty} \leq \varepsilon^{-1}, \quad (1)$$

де  $\| \cdot \|_{\infty}$  - норма допоміжної матриці передаточних функцій  $L(W_{ob}, W_{pez})$ ;

“L” – символ нижнього дробово-лінійного перетворення;

$D_{\varepsilon}$  – клас допустимих невизначеностей, таких що  $D_{\varepsilon} \underline{\Delta} D_{\varepsilon} \cup D_{\varepsilon}$  та

$$D_{\varepsilon} \underline{\Delta} \{ \Delta : \Delta \in RH_{\infty}; \|\Delta\|_{\infty} < \varepsilon \} \cup D_{\varepsilon} \underline{\Delta} \{ \Delta : \Delta \in RL_{\infty}; \eta(\mathcal{U}(W_{ob}, \Delta)); \|\Delta\|_{\infty} < \varepsilon \};$$

$\eta$  – число полюсів передаточної функції об'єкта в правій півплощині;

“U” – символ верхнього дробово-лінійного перетворення;

$RH_{\infty}$  - підпростір функцій Харді, який складається із дійсних раціональних обмежених аналітичних в правій півплощині передаточних функцій;

$RL_{\infty}$  - аналогічний підпростір функцій Лебега.

Оскільки процедура синтезу [1,2] гарантує стійкість номінальної системи + оптимальний регулятор, то для досягнення поставленої мети необхідно знайти граничне значення  $\varepsilon$  для простору  $D_{\varepsilon}$ . Величина  $\varepsilon$  визначається із співвідношення:

$$\varepsilon = \frac{1}{\|\mathcal{L}(W_{об}, W_{рег})\|_{\infty}}. \quad (2)$$

Неструктурована адитивна непараметрична невизначеність в передаточній функції об'єкта керування визначається як [4]:

$$W_{\Delta} = W_{об} + \Delta_A. \quad (3)$$

Згідно наслідку 5.1 теореми 5.15 з [4] регулятор  $W_{рег}$  стабілізує об'єкт  $W_{\Delta} = W_{об} + \Delta_A$  для будь-якого  $\Delta_A \in D_{\varepsilon}$  за умови

$$\|\mathcal{L}(W_{об}, W_{рег})\|_{\infty} = \|W_{рег} (I - W_{об} W_{рег})^{-1}\|_{\infty} \leq \varepsilon^{-1}. \quad (4)$$

Неструктурована мультиплікативна непараметрична невизначеність в передаточній функції об'єкта  $W_{об}$  записується наступним чином [4]:

$$W_{\Delta} = (I + \Delta_{w_0}) W_{об} \quad (5)$$

Для забезпечення стійкості в даному випадку відповідно до наслідку 5.2 теореми 5.15 повинна виконуватись нерівність:

$$\|\mathcal{L}(W_{об}, W_{рег})\|_{\infty} = \|W_{об} W_{рег} (I - W_{об} W_{рег})^{-1}\|_{\infty} \leq \varepsilon^{-1}. \quad (6)$$

У випадку дробово-раціональної невизначеності в передаточній функції об'єкта керування відповідно до наслідку 5.3 теореми 5.15 регулятор  $W_{рег}$  стабілізує  $W_{\Delta} = (\tilde{M} + \Delta_M)^{-1} (\tilde{N} + \Delta_N)$  для будь-якого  $\Delta_D, \underline{\Delta}[\Delta_M, \Delta_N] \in D_{\varepsilon}$ , якщо

$$\|\mathcal{L}(W_{об}, W_{рег})\|_{\infty} = \left\| \begin{matrix} W_{рег} (I - W_{об} W_{рег})^{-1} \\ (I - W_{об} W_{рег})^{-1} \end{matrix} \right\|_{\infty} \leq \varepsilon^{-1} \quad (7)$$

Були проведені дослідження робастної стійкості для адитивної, мультиплікативної та дробово-раціональної невизначеностей відповідно до обраної методики з використанням моделей отриманих в роботах [5,6].

Аналіз отриманих даних показав, що оптимальний регулятор забезпечує стійкість замкнутої системи в умовах дії адитивної, мультиплікативної та дробово-раціональної невизначеностей.

Система стабілізації потужності різання синтезована на основі сучасних підходів володіє властивістю робастності для неструктурованих адитивних, мультиплікативних невизначеностей,  $\infty$ -норма яких не перевищує 0.2304, 1.08, 0.2304 відповідно.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: [монография] / Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С.; под ред. Л.Н. Блохина. – К.: Книжное изд-во НАУ, 2006. – 400 с.
2. Блохин Л.Н. Оптимальные системы стабилизации / Блохин Л.Н. – К.: Техніка, 1982. – 144 с.
3. Kwakernaak H. . Robust Control and  $H_{\infty}$  - Optimization//Automatica.-vol.29.- №.2.- 1993.- P. 255 – 273
4. Методы классической и современной теории автоматического управления: Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления/ [ Пупков К.А., Егупов Н.Д., Владимиров И.Г., Корнюшин Ю.Г. и др. ]; под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004. – 640 с.
5. Осадчий С.І. Динаміка системи “деревообробний верстат-процес різання в реальних експлуатаційних умовах” / С.І. Осадчий, І.А. Шаповалова // Вісник Хмельницького національного технічного університету. - 2007. - №3. - Т.1. – С. 26-29.
6. Осадчий С.І. Синтез системи стохастичної стабілізації потужності різання на деревообробному верстаті / С.І. Осадчий, І.А. Шаповалова // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоград. нац. техн. ун-ту – 2007. - Вип. 19. - С. 135 – 140.

МЕТОД АНАЛИЗА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Бондаренко В.Г.

Национальный технический университет Украины «КПИ» им.Игоря Сикорского,  
Киев, пр.Победы 37, корпус 35. victorb@list.ru

Эволюция объектов с *сосредоточенными* параметрами в ряде случаев описывается системой автономных обыкновенных дифференциальных уравнений  $\frac{dr}{dt} = f(r)$ , где решение— векторная функция  $r(t) = (r_1(t), \dots, r_n(t))$  — является характеристикой объекта. Примерами таких объектов являются технические, биологические и др. системы. Обозначим  $r(t, a)$  решение задачи Коши:

$$\frac{dr}{dt} = f(r), r(0, a) = a, r(t, a) = G_t a, \quad (1)$$

$G_t$ — фазовый поток. Характеристикой объекта с *распределенными* параметрами является векторная функция  $u(t, x) = (u_1(t, x), \dots, u_n(t, x))$ , где  $x$  —пространственная переменная,  $x \in R^d$ . Постулируется (строгое обоснование отсутствует), что математической моделью объекта с распределенными параметрами является система полулинейных параболических уравнений

$$\frac{\partial u}{\partial t} = Lu + f(u), u(0, x) = \varphi(x), x \in R^d, u \in R^n \quad (2)$$

где  $L$  —эллиптический оператор второго порядка (например,  $(Lu)_i = D_i \Delta u_i, i = 1, \dots, n$ ). Иначе, введение пространственной переменной в системе (1) учитывается диффузионным слагаемым  $Lu$ . Классический пример применения модели (2)—плотность популяций биологических особей с учетом их движения в ареале. Численное решение задачи Коши (2) выполнено для некоторых вариантов функции  $f$ : результат—некоторые свойства решений соответствующей системы (1) сохраняются (например, наличие предельных циклов).

Введем обозначения:

1)  $q(t, x)$  —решение задачи Коши невозмущенной линейной параболической системы

$$\frac{\partial q}{\partial t} = Lq, q(0, x) = \varphi(x) \quad (3)$$

то есть  $q(t, x) = (e^{tL}\varphi)(x) \equiv \int \varphi(y)p(t, x, y)dy$ ,  $p(t, x, y)$ —матрица фундаментальных решений;

2)  $v(t, x) = r(t, q(t, x)) = G_t q(t, x)$ ,  $w(t, x) = \int r(t, \varphi(y))p(t, x, y)dy$  —композиции решений задач (1), (3).

Для одного уравнения ( $n = 1$ )  $f(u)$ ,  $r(t, a)$ ,  $q(t, x)$ ,  $v(t, x)$ ,  $w(t, x)$ ,  $u(t, x)$ —скалярные функции,  $p(t, x, y)$ —фундаментальное решение уравнения  $\frac{\partial q}{\partial t} = Lq$ . Результат данной работы—установление соотношений между введенными функциями в одномерном случае.

**ТЕОРЕМА 1.** Пусть в задаче (2) начальное условие  $\varphi(x) \geq 0$ , функция  $f$  удовлетворяет условию Липшица и выпукла вниз. Тогда справедливо неравенство:

$v(t, x) \leq u(t, x) \leq w(t, x), t > 0, x \in R^d$ . Для функции  $f$ , выпуклой вверх, имеет место противоположное неравенство:

$$w(t, x) \leq u(t, x) \leq v(t, x), t > 0, x \in R^d.$$

Доказательство теоремы состоит в вычислении невязки для  $v(t, x)$ ,  $w(t, x)$  и опирается на принцип максимума для полулинейных параболических уравнений [1].

**ЗАМЕЧАНИЕ.** Приведенные неравенства доказаны в работе [2] при других условиях.

Обозначим  $(\frac{T}{n}, \dots, \frac{kT}{n}, \dots, T)$  разбиение отрезка  $[0; T]$ ,  $T > 0$ . Для линейного уравнения  $\frac{du}{dt} = Au + Bu$  справедлива формула Троттера[3, P.322-325]:

$$e^{T(A+B)} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( e^{\frac{T}{n}A} e^{\frac{T}{n}B} \right)^n$$

Задача—обобщить этот результат для полулинейного уравнения  $\frac{\partial u}{\partial t} = Lu + f(u)$ ,  $u(0, x) = \varphi(x)$ . Для  $f(u)$ , выпуклой вверх, построим следующие последовательности функций  $(0 < t \leq \frac{T}{n})$ :

$$q_0(t, x) = \int \varphi(y)p(t, x, y)dy, v_1(t, x) = r(t, q_0(t, x));$$

$$q_1(t, x) = \int v_1\left(\frac{T}{n}, y\right)p(t, x, y)dy, v_2\left(t + \frac{T}{n}, x\right) = r(t, q_1(t, x));$$

$$q_k(t, x) = \int v_k\left(k\frac{T}{n}, y\right)p(t, x, y)dy, v_{k+1}\left(t + k\frac{T}{n}, x\right) = r(t, q_k(t, x)), k \leq n - 1.$$

**ТЕОРЕМА 2.** Последовательность  $v_n(T, x) \rightarrow u(T, x)$  равномерно по  $x \in R^d$ .

Доказательство теоремы сводится к оцениванию разности

$$h(s, \mathbf{x}) = v_{k+1}(s, \mathbf{x}) - u(s, \mathbf{x}), s \in \left[ k \frac{T}{n}; (k+1) \frac{T}{n} \right]; \lim_{n \rightarrow \infty} h(T, \mathbf{x}) = 0.$$

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. D.G.Aronson, H.F.Weinberger. Multidimensional Nonlinear Diffusion Arising in Population Genetics. Advances Mathematics, v.30(1978), P.33-76.
2. В.Г.Бондаренко, Ю.Ю.Прокопенко. Барьерные функции для одного класса полулинейных параболических уравнений. Укр.мат.журнал, т.60(2008), №11, С.1449-1456.
3. M.Reed, B.Simon. Methods of modern Mathematical Physics. V.1.Functional Analysis. Academic Press, 1972.

## ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ

**Бондаренко Н.С.**

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського”, кафедра системного проектування  
м.Київ  
nataliya.bondarenko17@gmail.com*

**Вступ.** Хоча основною задачею прогнозування не є надання чіткої інформації про стан предмета в майбутньому, а лише зниження невизначеності щодо нього, все ж оцінювання точності моделей, які використовуються для прогнозування, є досить корисним інструментом. Перш за все оцінка точності моделі дає нам змогу її покращити, або ж при послідовному підборі різних методів оцінка результатів використання кожного з них дозволяє вибрати такий, що буде найкраще працювати на заданих даних.

Для оцінки моделей використовуються різні види похибок. Припустимо, що  $y_i$  позначає  $i$ -те спостереження, тоді  $\hat{y}_i$  відповідає прогнозу цього спостереження. Можемо використати введені позначення для опису похибок.

#### Види похибок.

*Похибки, що залежать від шкали вимірювань.* Така похибка просто дорівнює різниці між передбаченням та реальним значенням, які мають мати однаковий масштаб:  $e_i = y_i - \hat{y}_i$ . Найбільш відомі оцінювальні величини, що базуються на абсолютній та квадратичній похибках, це: середнє абсолютне відхилення (MAE) і середньоквадратична похибка (RMSE).

$$MAE = \text{mean}(|e_i|);$$

$$RMSE = \sqrt{\text{mean}(e_i^2)}.$$

Так як такі похибки є залежними від шкали вимірювань, їх неможливо застосовувати при використанні наборів даних, які мають різні шкали. При порівнянні методів, що використовують один й той самий набір даних, такі вимірювання є досить ефективними, так як вони досить прості для розуміння та обчислення.

*Відносні похибки.* Відносні похибки вираховуються за формулою:  $p_i = 100e_i/y_i$ . Їхня перевага в тому, що вони не залежать від шкали і можуть давати об'єктивну оцінку при порівнянні прогнозів на різних наборах даних. Найпопулярніша величина – це середня абсолютна похибка у відсотках (MAPE).  $MAPE = \text{mean}(|p_i|)$ . Однак таке оцінювання має недоліки. Результат буде невизначеним або прямуватиме до нескінченності у випадку, якщо  $y_i$  для будь-якого  $i$ , та матиме екстремальні значення, у випадку, якщо  $y_i$  прямуватиме до 0. Ще одним недоліком є те, що вони нерівномірно оцінюють негативні та позитивні відхилення. Вирішення цієї проблеми було запропоноване у 1985 році і називається симетрична середня абсолютна похибка (sMAPE). Вона обчислюється за формулою:  $sMAPE = \text{mean}(200|y_i - \hat{y}_i|/(y_i + \hat{y}_i))$ . Але, при наближенні  $y_i$ , а отже і  $\hat{y}_i$  до 0, обчислення також включатимуть ділення на 0, що робить їх нестабільними.

*Масштабовані похибки (Scaled errors).* Масштабовані оцінки були запропоновані Р.Гідманом та А. Кехлер у 2006 році в якості альтернативи використанню відносних похибок при порівнянні точності прогнозів на наборах даних у різних шкалах. При обчисленні похибки використовується ідея методу наївного прогнозування і формула для обчислення. Масштабована похибка без урахування сезонності в такому випадку дорівнює:  $q_i = \frac{e_i}{\frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T |y_t - y_{t-1}|}$ . Так як і чисельник і знаменник виразу мають однакову розмірність, у результаті величина похибки є безрозмірною. Для наборів даних, в яких наявні прояви сезонності, похибка дорівнює

$q_i = \frac{e_i}{\frac{1}{T-m} \sum_{t=m+1}^T |y_t - y_{t-m}|}$ . Такі механізми обрахунку можливі тільки у випадку часових рядів. Для інших наборів даних формула базується на методі середнього:  $q_i = \frac{e_i}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_t - \bar{y}|}$ . Тоді середня абсолютна масштабована похибка дорівнює  $MASE = \text{mean}(|q_i|)$ . Запропонований варіант не наділений такими недоліками, як два попередні, тому майже відразу з'явився в арсеналі спеціалізованих обчислювальних програм і загалом набуває поширення при вирішенні нетривіальних задач.

**Висновки.** Основну увагу було приділено інструментарію прогнозиста при обчисленні точності прогнозуючих моделей. Було розглянуто кілька найпопулярніших видів похибок та їх переваги і недоліки, які треба враховувати при виборі у конкретній задачі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Mean absolute error. – Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mean\\_absolute\\_error](https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_error). - Дата доступу: 5.05.2017.
2. Rob J Hyndman, Anne B Koehler. International Journal of Forecasting 22(4)(2006). – p. 679-688

### НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ – ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ

Василенко В. Г., Ширій В. В., Баклан І. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
кафедра АСОІУ, пр-т Перемоги, 37  
vlad040293@gmail.com, iaa@ukr.net, slava545@ukr.net*

На сьогоднішній день стає поширеним застосування ймовірнісних моделей, які використовуються для створення сучасного штучного інтелекту, у прикладній статистиці чи в когнітивній науці. Це пояснюється тим, що вони пов'язані з роботою над ймовірностями та їх ймовірнісними висновками [1,2]. Однак, ймовірнісні моделі мають тенденцію до збільшення їхньої складності. Тому потрібно створювати нові інструменти для забезпечення нового комплексного підходу до ймовірнісного представлення моделей. І саме ймовірнісні мови програмування це забезпечують. Мови дозволяють створювати засоби для опису складних ймовірнісних розподілів та реалізують виконання ефективного ймовірнісного висновку для довільної комп'ютерної програми.

Ймовірнісні мови програмування, в їх прості формі, розширюють добре відомі детерміновані мови програмування з примітивними конструкціями для випадкового вибору (random choice) [2]. Проте з часом, відбулося створення нових інструментів для ймовірнісного виводу та зародження нових складніших ймовірнісних моделюючих програм. Наявність великої кількості ймовірнісних мов програмування змусило прийти до думки, що існує певна парадигма програмування, так зване, ймовірнісне програмування.

На Рис.1 зображено «Систематику парадигм програмування», яка дає змогу виділити всі основні програмні парадигми [3]. Оскільки, програмна парадигма являє собою підхід до програмування на основі математичної теорії або послідовного набору принципів. Кожна з парадигм підтримує ряд понять, яка робить її кращою для вирішення певного виду проблем. Наприклад, об'єктно-орієнтоване програмування (ООП) є найкращим для вирішення проблем з великою кількістю пов'язаних з абстракцією даних, що організовані в ієрархії, а логічне програмування – для перетворення або управління над складними символічними структурами відповідно до логічних правил.

В порівнянні з Рисунком, що наведений в [3], ми виділили ймовірнісне програмування як новітню парадигму програмування. Цю парадигму програмування можливо розділити на п'ять інших парадигм, які розширюють основне ймовірнісне програмування. А саме: ймовірнісне логічне, функціональне ймовірнісне, раціональне ймовірнісне, імперативне ймовірнісне та об'єктно-орієнтоване ймовірнісне. Особливості кожної з цих парадигм відображаються у відповідній програмній мові.

Ймовірнісне програмування є швидко розвиваючою областю досліджень, про що свідчить створення багатьох ймовірнісних мов програмування та примітивів, які були введені протягом останніх декількох років. В цій статті було спробовано визначити місце і роль ймовірнісного програмування серед інших сучасних парадигм програмування. Були виявлені головні особливості парадигми ймовірнісного програмування та наведені програмні мови, що представляють їх.

Звісно, з плином часу та впровадженням ймовірнісного програмування, потрібно буде розвивати та розширювати область поширення даної парадигми програмування. В майбутніх публікаціях планується зробити довести до кінця порівняльний аналіз існуючих реалізацій ймовірнісних мов. В майбутньому, автори планують реалізувати мережі Петрі та самостійну ймовірнісну мову – ProPL, модель інтерпретатора якого буде реалізована в сучасній версії ANSI Common Lisp [4].

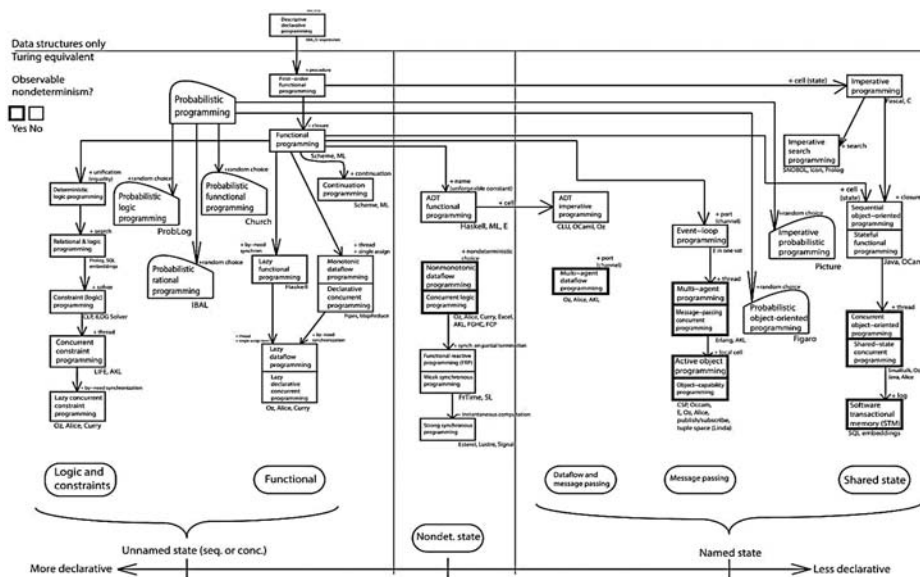


Рис.1 Систематика парадигм програмування

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баклан І.В. Сучасні засоби ймовірнісного програмування / І.В.Баклан, В.Г.Василенко, В.В.Ширій // Матеріали III Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технічними та технологічними технологічними комплексами», 23 листопада 2016 р. [Електронний ресурс] – К: НУХТ, 2016 р. – 286 с.
2. Goodman N. D. The principles and practice of probabilistic programming //ACM SIGPLAN Notices. – 2013. – Т. 48. – №. 1. – С. 399-402.
3. Van Roy P. et al. Programming paradigms for dummies: What every programmer should know //New computational paradigms for computer music. – 2009. – Т. 104.
4. Грэм П. ANSI Common Lisp. – СПб.: Символ-Плюс, 2012. – 448 с.

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ  
ЗОБРАЖЕНЬ

Вербовий С.О.

Тернопільський національний економічний університет, Кафедра комп'ютерної інженерії,  
м. Тернопіль, вул. А. Чехова, 8,  
vso@tneu.edu.ua

**Вступ.** За даними канцер реєстру [1] смертність жінок від раку молочної залози посідає перше місце. Тому проблема діагностування злоякісних новоутворень на ранніх стадіях є актуальною. Рання діагностика потребує точної і надійної методики постановки діагнозу. Діагностування базується на аналізі мікроскопічних зображень окремих клітин (цитологічні зображення) та тканин (гістологічні зображення).

Інформаційна модель опрацювання зображень являє собою сукупність даних, за якими можна однозначно побудувати зображення, і сукупність методів – операцій, за допомогою яких можна сформувати і модифікувати цю модель [2].

**Постановка задачі.** Основним завданням створення інформаційної моделі системи опрацювання біомедичних зображень є опис істотних параметрів та змінних величин, входів та виходів кожного модуля, зв'язок між модулями системи. Інформаційна модель дозволяє шляхом подачі вхідних сигналів моделювати можливі стани системи.

**Основний матеріал.** Розроблена система опрацювання біомедичних зображень працює на основі вхідних цитологічних та гістологічних зображень молочної залози. [3].

На першому етапі за допомогою світлового мікроскопа та цифрової камери отримується вхідне цитологічне або гістологічне зображення у форматі BMP, JPG, TIFF та ін. Отримане зображення шифрується та зберігається в директорії із пацієнтом. Дослідження із даними про пацієнта також шифрується. Отримане зображення завантажується на віддалений FTP сервер.



Наступним етапом є попередня обробка зображення. На даному етапі відбувається виділення вхідних параметрів зображення (середній рівень яскравості, середні значення каналів червоного, зеленого, синього). Ці значення зберігаються в БД у вигляді назви або ID зображення, значень яскравості RGB. В залежності від вхідних параметрів із бази правил (БП) вибираються параметри фільтрації та коригування яскравості. Після чого виконується фільтрація та коригування яскравості, морфологічні операції (dilate, erode) і отримується вихідне зображення у форматах jpeg, png, bmp.

Після закінчення етапу попередньої обробки зображення у форматі jpeg, png, bmp безпосередньо подаються на модуль згорткової нейронної мережі (ЗНМ) [4]. Результатом роботи ЗНМ буде відсоток приналежності зображення до певного класу патологічного процесу. Вихідні результати зберігаються в БД або у .txt файл. Або вихідне зображення перетворюється в інший формат. Це може бути бінарне зображення або зображення в градаціях сірого.

Перетворене зображення проходить етап сегментації. На даному етапі відбувається виділення на зображенні однієї або декількох областей, що задовольняють деякому критерію однорідності.

На наступному етапі проводиться виділення кількісних ознак мікрооб'єктів на зображенні. Отриманні результати зберігаються в БД. Після чого генеруються файли двох типів, а саме .txt для класифікації та кластеризації даних (формується інформація для мікрооб'єктів усіх зображень в досліді з БД) та .arff для проведення інтелектуального аналізу даних.

Файли формату .txt подаються на модуль класифікації. Наприклад, файл .txt виглядатиме наступним чином:

*назва зображення (або ID), площа, периметр , кут нахилу до основної осі і тд...*

...

*назва зображення (або ID), площа, периметр, кут нахилу до основної осі і тд...*

Після обробки результат виводиться на екран та зберігається у .txt файл.

Модуль класифікації отримує на вхід файли формату .arff. На даному етапі проводить класифікація, кластеризація та пошук асоціативних правил. Результати роботи модуля інтелектуального аналізу даних можна зберегти в БД, у .txt файл або вивести на екран.

Модельовання роботи системи опрацювання біомедичних зображень проводилось на основі мереж Петрі в середовищі Pire.

Стан мережі Петрі визначається сукупністю маркерів кожного окремого вузла. На рисунку 1 представлена структурна модель системи опрацювання біомедичних зображень на основі мереж Петрі. Модельовання здійснене для випадку повного циклу опрацювання одного зображення, отриманого за допомогою мікроскопа та камери.

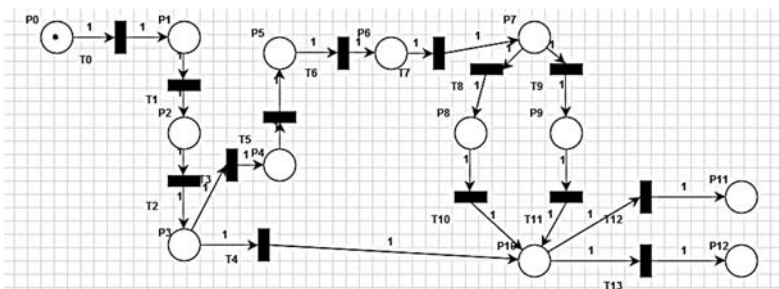


Рисунок 1 - Структурна модель системи опрацювання біомедичних зображень на основі мереж Петрі

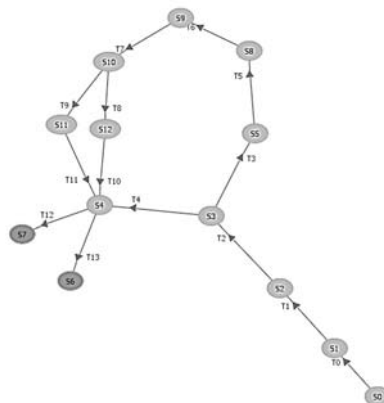


Рисунок 2 – Граф досяжності станів системи

В результаті моделювання побудовано граф досяжності всіх станів системи (рисунок 2) для конкретного випадку.

**Висновок.** Розроблено модель структури системи опрацювання біомедичних зображень, що дало можливість побачити рух даних в системі від отримання зображення з мікроскопа і до виводу результатів на екран. Моделювання здійснено на основі мереж Петрі. Отримані результати дослідження моделі підтверджують, що мережа Петрі є живою, усі стани системи є досяжними, а тупики відсутні.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бюлетень національного канцер-реєстру України № 17, Київ – 2016.
2. Мельник Г. М. Інформаційна технологія опрацювання гістологічних зображень / Г. М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2012. – № 5. – С. 154-161.
3. Березький О.М. База даних цитологічних та гістологічних зображень ауто- та ксеногенних тканин / Березький О.М., Мельник Г.М., Дацко Т.В., Вербовий С.О. / Науковий вісник національного лісотехнічного університету України: збірник науково-технічних праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014.– Вип. 24.10. – С.338-345.
4. Олег Березький Комп'ютерні засоби діагностування на основі аналізу біомедичних зображень / Олег Березький, Олег Піцун, Сергій Вербовий, Тамара Дацко, Андрій Боднар / Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Досвід розробки та застосування приладотехнологічних САПР в мікроелектроніці»: CADSM 2017. – Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2017. – С. 388-391.(англійською)

### ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АМАТОРСЬКИХ СПОРТИВНИХ ІГОР

Висоцька В.А.<sup>1</sup>, Чирун Л.Б.<sup>2</sup>, Чирун Л.В.<sup>3</sup>

Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна,

1victoria.a.vysotska@lpnu.ua, 2 lchirun21@gmail.com, 3chyrunlv@ukr.net

Невпинне входження соціальних мереж у побут, змушує сприймати їх як специфічний засіб масової комунікації, який забезпечує не лише трансляцію інформації, а й обмін думками шляхом можливого коментування та вільного висловлювання думки [1-3]. Соціальні мережі є засобом популяризації спорту та здорового способу життя в цілому, але водночас їх можна розглядати як демотиватор спортивної активності молоді. Тому слід рухатися у бік створення соціальних мереж, орієнтованих на пропагування та розвиток спортивної активності особливо у молоді. Модель системи «Інтернет-портал аматорських спортивних ігор» подамо коротко:

$$P = \langle X, Ident, C, ContProc, Q, Const, PrCont, PersPref, AutAd, ContIntegr, Y \rangle, \quad (1)$$

де  $X$  – вхідні дані від користувачів,  $Ident$  – процес ідентифікації користувачів,  $C$  – контент системи,  $ContProc$  – процес опрацювання контенту (фільтрація контенту та спаму, ідентифікація спаму, аналіз, збереження, ліквідація дублювання, блокування контенту тощо),  $Q$  – запити від користувачів,  $Const$  – процес забезпечення узгодженості контенту,  $PrCont$  – забезпечення приватності контенту,  $PersPref$  – аналіз персональних вподобань та персональних даних користувача, його фізичних та психологічних характеристик,  $AutAd$  – забезпечення автоматичних налаштувань та оновлень профілю користувача,  $ContIntegr$  – забезпечення інтеграції даних з інших систем, в тому числі з інших соціальних мереж,  $Y$  – результати запитів користувачів, які згенеровані системою. Процес генерування відповіді користувачу порталу описано суперпозицією (вхідними даними наступної функції є вихідні дані попередньої функції, наприклад, для функції  $ContProc$  вхідними даними є вихідні дані функції  $PersPref$ ):

$$Y = ContProc \circ PersPref \circ Const \circ AutAd \circ ContIntegr \circ Ident, \quad (2)$$

де основним процесом є  $ContProc$ , який описується формулою:

$$Y = ContProc(X, Q, C) = ContAnal \circ ContSav \circ ContBlock \circ ContDupl \circ ContSpFilt \circ SpIdent, \quad (3)$$

де  $ContAnal$  – аналіз контенту, вхідних даних та запитів,  $ContSav$  – збереження контенту та результатів,  $ContBlock$  – блокування контенту,  $ContDupl$  – ліквідація дублювання,  $ContSpFilt$  – фільтрація контенту та спаму,  $SpIdent$  – ідентифікація спаму. Забезпечення приватності контенту  $PrCont$  описується:

$$C = PrCont(X, Q, C^{Pc}, C^{Pl}) = ElectrTranst \circ ContSear \circ ContAccs \circ Sectr, \quad (4)$$

де  $C^{Pc}$  – публічний контент;  $C^{Pl}$  – особистий контент,  $ElectrTranst$  – транзакційність;  $ContSear$  – надання пошукових можливостей;  $ContAccs$  – забезпечення доступу до даних,  $Sectr$  – забезпечення безпеки персональних даних та проведених транзакцій. Рівень деталізації і контролю транзакцій  $Sectr$  є різним залежно від соціальної мережі, але обов’язковими налаштуваннями є:

$$C^{Pl} = Sectr(X, Q, C^{Pc}, C^{Us}) = ContPriv \circ ContLim \circ ContAvail, \quad (5)$$

де  $C^{Us}$  – контент користувача;  $ContPriv$  – збереження конфіденційності персонального контенту за бажанням користувача;  $ContLim$  – обмеження видимості контенту для людей, які є у списку контактів (для конкретних груп користувачів сервісу; тільки для підписаних на сервіс користувачів);  $ContAvail$  – надання контенту властивості доступного таким чином, щоб навіть люди, які не є користувачами або не зареєстровані в якості користувачів цієї мережі, могли її бачити.

Процес  $ContIntegr$  – забезпечення інтеграції даних з інших систем, в тому числі з інших соціальних мереж, реалізується відповідними методами та описується формулою:

$$C^{Us} = ContIntegr(X, Q, C^{Pc}, C^{Pl}) = OthCollab \circ ContAdThPart \circ PresDevel \circ ContctSup \circ MessSend \circ ContViSear \circ PtofDisp \circ PtofForm \circ ContDownl, \quad (6)$$

де  $ContctSup$  – підтримка та налагодження соціальних та дружніх контактів з іншими людьми;  $PresDevel$  – забезпечення позиціонування себе в мережі, створення й розвиток online присутності (збільшуючи контакти);  $ContViSear$  – засіб перегляду контенту, а також його пошуку;  $PtofDisp$  – засіб відображення online-профілю;  $PtofForm$  – авторське формування профілю;  $ContDownl$  – завантаження власного контенту;  $ContAdThPart$  – додавання та спільне використання контенту третьою стороною;  $MessSend$  – надання можливості надсилати публічні та приватні повідомлення;  $OthCollab$  – співпраця з іншими людьми через соціальні мережі. Користувачі використовують список контактів з різною метою для ефективного та якісного налагодження співпраці з іншими людьми через соціальні мережі через процес  $OthCollab$ . Тому процес забезпечення підтримки та налагодження соціальних та дружніх контактів з іншими людьми  $ContctSup$  подамо формулою:

$$C^{Pf} = ContctSup(X, Q, C^{Pc}, C^{Pl}) = ContctRepr \circ ContctSear \circ ProfRecom \circ VacanPubl \circ GroupCreat \circ ProfResum, \quad (7)$$

де  $C^{Pf}$  – контент профілю користувача;  $ContctRepr$  – процес подання через існуючі контакти і розширення зв’язків;  $ContctSear$  – процес здійснення пошуку компаній, людей, груп за інтересами;  $ProfResum$  – процес публікування професійного резюме і здійснення пошуку роботи/співпраці;  $ProfRecom$  – процес рекомендувати і бути рекомендованими;  $VacanPubl$  – процес публікування вакансії в групі;  $GroupCreat$  – процес створення групи за інтересами.

Як бачимо, процес розроблення Інтернет-порталу аматорських спортивних ігор як соціальної мережі є комплексним та складним. Частина процесів є обов’язковими для всіх видів соціальних мереж. Частина забезпечує будь-яка CMS без додаткових зусиль з боку розробника. Але частина залежить від статистичних даних, які зібрані на протязі певного довготривалого періоду, щоб розробити правила та навчити систему провадити аналіз контенту як для формування пропозицій щодо підбору контактів за інтересами, так і для проведення прогнозування результатів проведення спільної співпраці, наприклад, результатів аматорських спортивних ігор. Зосередимо увагу на особливостях саме соціальної мережі як Інтернет-порталу аматорських спортивних ігор. Для цього опишемо основні процеси системи  $P$  як  $PersPRef$ ,  $AutAd$ ,  $Ident$  та деталізуємо їх.

$$C^{St} = PersPRef \circ Const \circ AutAd \circ ContIntegr \circ Ident, \quad (8)$$

де  $C^{St}$  – контент як результат статистичних даних діяльності користувача Інтернет-порталу. Процес ідентифікації користувачів  $Ident$  подамо формулою:

$$C^{Sp} = Ident(X, Q) = GamCrt \circ MessSeRe \circ UsAuth \circ UsReg, \quad (9)$$

де  $C^{Sp}$  – контент спільноти,  $UsReg$  – процес реєстрації користувачі,  $UsAuth$  – процес авторизації користувача,  $MessSeRe$  – процес надсилання та отримання повідомлень,  $GamCrt$  – процес створення гри.

Процес *AutAd* для забезпечення автоматичних налаштувань та оновлень профілю користувача подамо формулою:

$$C^{Pf} = AutAd(X, Q, C^{Sp}, C^{US}) = ProfSav \circ GamEd \circ GamCont \circ ProfEd, \quad (10)$$

де *ProfEd* – редагування профілю користувача, *ProfSav* – збереження профілю користувача, *GamCont* – внесення даних про гру, *GamEd* – редагування контенту про гру.

Процес *PersPref* аналізу персональних вподобань та персональних даних користувача, його фізичних та психологічних характеристик подамо формулою:

$$C^{Pc} = PersPref(X, Q, C^{Pf}, C^{Pl}, C^{Sp}, C^{US}) = MatchPred \circ GamPred \circ ProfProc \circ SitChan \circ GamModer \circ SitAdm, \quad (11)$$

де *ProfProc* – опрацювання даних профілю користувача та профілів учасників групи/гри, *SitChan* – редагування сайту, *GamModer* – модерація ігор, *SitAdm* – адміністрування, *GamPred* – отримання прогнозу результату гри на основі асоціативних правил, *MatchPred* – прогнозування результатів матчів на основі асоціативних правил.

Інформаційна система «Інтернет-портал аматорських спортивних ігор» повинна розв’язувати базові задачі, які поставлені перед соціальною мережею, а також забезпечити додаткові можливості з метою сформувати соціальну мережу спортивного спрямування. Ці задачі полягають у створенні матчів, збереженні статистики матчів, а також прогнозуванні результатів на основі асоціативних правил. Очікуваний ефект від впровадження інформаційної системи «Інтернет-портал аматорських спортивних ігор» полягає у популяризації більш рухливого способу життя серед населення через залучення їх до соціальних мереж спортивного спрямування.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Methods based on ontologies for information resources processing : Monograph / [V. Lytvyn, V. Vysotska, L. Chyrun, D. Dosyn] // LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. - 2016. - 324 с.
2. Берко А.Ю. Системи електронної контент-комерції: монографія / А.Ю. Берко, В.А. Висоцька, В.В. Пасічник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 612 с.
3. Математична лінгвістика. [Книга 1. Квантитативна лінгвістика] / [В. Пасічник, Ю. Щербина, В. Висоцька, Т. Шестакевич] // Серія «Комп’ютинг». – Львів : «Новий світ -2000», 2012. — 359 с.

### ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ ДЛЯ МИТТЄВОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ

Войніков Д. О.

*Черкаський державний технологічний університет, факультет інформаційних технологій і систем,  
Україна, м. Черкаси, бул. Шевченка, б. 406,  
manwithcane333@gmail.com*

В умовах сучасного інформаційного суспільства комп’ютерні технології настільки вкоренилися в нашому житті, що повністю змінили способи обміну інформацією, які ми використовуємо для спілкування з друзями, членами сім’ї і діловими партнерами. Незважаючи на те, що електронна пошта стає все більш мобільною, ділові люди все більше і більше звертаються до тих самих засобів комунікації, які звичайні користувачі застосовують давно і з величезним успіхом: служб миттєвого обміну повідомленнями (Instant Messaging, IM). Система миттєвого обміну повідомленнями - це служби для обміну повідомленнями в режимі реального часу. Щоб використовувати подібні сервіси, необхідні лише вихід в інтернет і відповідна клієнтська програма (ІМ-клієнт).

Традиційно в корпоративній системі використовувалася електронна пошта, але з розвитком Instant Messaging вона поступово відійшла на другий план. Різниця між месенджером та електронною поштою полягає в тому, що повідомлення передаються миттєво, а також є можливість бачити, чи знаходиться абонент в мережі. Однак, слід врахувати, що ІМ працює не автономно, а залежно від сервера.

Для забезпечення надійності зв’язку та підвищення безпеки використання такої системи необхідно запустити окремий корпоративний сервер. Але щоб клієнтський та серверний додатки могли розуміти один одного, потрібно узгодити найменування команд, порядок дій і т.д., тобто протокол для миттєвого обміну повідомленнями.

Серед вже існуючих і відкритих протоколів можна виділити XMPP. XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol - розширюваний протокол обміну повідомленнями та інформацією про присутність) - відкритий, заснований на XML, вільний для використання протокол для миттєвого обміну повідомленнями та інформацією про присутність в режимі, близькому до режиму реального часу. Але він має ряд недоліків, серед яких можна виділити наступні:

1. Використання формату XML;
2. Використання HTTP-запитів для зв'язку між клієнтом і сервером;
3. Проблеми в існуючій реалізації механізму архівування та синхронізації повідомлень.

Розглянемо детальніше ці проблеми та способи їх усунення.

Використання формату XML призводить до надлишкового розміру даних, які передаються з сервера на клієнт та навпаки. На сьогоднішній день існує велика кількість форматів серіалізації даних, таких як JSON, yaml, tree. У середньому XML на 20 - 40% “важчий”, ніж аналогічний запис у форматі JSON, та на 50 - 60%, ніж tree.

Використання HTTP-запитів для обміну інформацією між клієнтом і сервером позбавляє можливості проектувати повноцінний дуплексний канал зв'язку, що є дуже важливим недоліком для такої системи. Цю проблему можна вирішити використанням протоколу WebSocket, який надає можливість ініціювати передачу даних як з клієнта, так і з сервера. Тим не менш, відповідно до цього протоколу, можливість ініціювати відкриття такого з'єднання може лише клієнт.

18 квітня 2012 року розширення стандарту XEP-0313: Message Archive Management було переведено у статус Experimental. В рамках даного розширення були вирішені проблеми відсутності можливості архівувати повідомлення на сервері. Але у середовищі розробників його не сприйняли позитивно. Справа в тому, що існує ряд проблем, які й досі не вирішені. Серед них проблема отримання статусу повідомлення після закриття клієнтської програми, відсутність реалізації пошуку повідомлень на сервері і так далі.

З огляду на все вищесказане, можна зробити висновок, що хоч протокол XMPP й існує немало часу та має розширювану структуру, кількість проблем, з якою зустрінеться компанія при розгортанні мережі для миттєвого обміну повідомленнями, - немала. Тому можна розглядати питання про створення власного внутрішньокорпоративного протоколу для миттєвого обміну повідомленнями.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Манукова Е. Ю., Захарова М. В. Использование сервисов мгновенного обмена сообщениями в современной массовой коммуникации [Текст] // Современная филология: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Самара, март 2017 г.). — Самара: ООО "Издательство АСГАРД", 2017. — С. 85-88.

## ОЦЕНКА ДЕТОНАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНОГО ОБЪЕКТА

Волков В.Э., Макоед Н.А.

*Одесская национальная академия пищевых технологий,  
Украина, 65039, Одесса, ул. Канатная, 112, viktor@te.net.ua*

**Введение.** Построена теория, позволяющая производить оценку возможности возникновения первичного взрыва на потенциально взрывоопасном объекте. В основу такой оценки, имеющей нечеткий характер, положено отношение длины преддетонационного участка к максимальному геометрическому размеру объекта. Первичный взрыв (за исключением особых случаев) является дефлаграционным взрывом. При этом вопрос о возможности перехода дефлаграционного взрыва в детонационный остается открытым. Для организации эффективного управления взрывобезопасностью потенциально взрывоопасного объекта необходимо корректно оценивать возможность развития дефлаграционного взрыва и его перехода в детонацию. Такие оценки позволяют принимать эффективные решения по организации взрывобезопасности и взрывозащиты объекта.

**Постановка задачи.** Потенциально взрывоопасный объект предполагается представленным в виде совокупности отдельных элементарных потенциально взрывоопасных объектов (круглых труб и каналов прямоугольного сечения). Предполагается известным место возникновения первичного дефлаграционного взрыва (образования ударной волны в результате развития неустойчивости фронта пламени). Требуется определить возможность возникновения детонационного взрыва на любом из элементарных потенциально взрывоопасных объектов.

**Основной материал.** Проблема возникновения детонации для элементарного потенциально взрывоопасного объекта, на котором произошел дефлаграционный взрыв, решается последовательным рассмотрением следующих задач:

- 1) анализ стабильности дефлаграционных режимов взрыва;
- 2) анализ возможности инициирования детонации с энергетических позиций;
- 3) исследование устойчивости и структуры детонационной волны, которая может образоваться в результате развития дефлаграционного взрыва (если размер детонационной ячейки превышает диаметр трубы или ширину канала, а при этом детонационная волна неустойчива по отношению к одномерным возмущениям, не искажающим ее фронт, то детонация невозможна как таковая).

Анализ возможности инициирования детонации при переходе детонационной волны из более узких труб и каналов в более широкие предполагает дополнительное исследование, связанное с подсчетом числа детонационных ячеек на выходе из узкой трубы или канала. Если это число меньше 10, инициирование детонации в широкой трубе или канале (или в открытом пространстве) не произойдет.

Комплексная оценка детонационной опасности потенциально взрывоопасного объекта предполагает использование методов теории графов. Потенциально взрывоопасный объект моделируется неориентированным либо ориентированным связным взвешенным графом. Вершинам графа соответствуют отдельные элементарные потенциально взрывоопасные объекты, для каждого из которых задана нечеткая оценка возможности возникновения детонации. Как правило, такой граф является деревом. Ребрами графа являются «стыки» элементарных потенциально взрывоопасных объектов. Весу каждого ребра графа соответствует нечеткая оценка возможности проникновения детонационной волны из одного элементарного потенциально взрывоопасного объекта, моделируемого одним из концов данного ребра, в другой (соседствующий с первым), который моделируется другим концом данного ребра. Нечеткий вес каждого ребра определяется оценкой мощности первичного взрыва и свойствами объекта, соответствующего этому ребру. Граф предполагается упорядоченным; при необходимости предварительно решается задача об упорядочении графа.

Оценка возможностей распространения детонационного взрыва производится на базе решения классической задачи теории графов – задачи о кратчайшем пути (кратчайшей цепи) в графе. Конкретное значение нечеткой оценки возможности детонации определяется на основе решения задачи о кратчайшем пути между вершиной, соответствующей объекту, подверженному первичному взрыву, и вершиной, соответствующей объекту, для которого производится оценка возможности вторичного детонационного взрыва. Задача о кратчайшей цепи решена по алгоритму Дейкстры. После отыскания кратчайшего пути при прохождении каждой вершины этого пути происходит перерасчет оценки возможности вторичного детонационного взрыва по правилам нечеткой логики.

**Выводы.** Решение приведенной выше задачи позволяет существенным образом усовершенствовать систему интеллектуальной поддержки принятия решений по вопросам произвольного потенциально взрывоопасного объекта, что, в свою очередь, позволяет значительно уменьшить его взрывоопасность.

## МЕТРИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Григорович В.Г.

*Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка*

*вул. І.Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська обл., 82100*

*viktor.grigorovich@gmail.com*

Мережні структури – надзвичайно поширені. Мережними структурами та їх математичним представленням – графами – можна моделювати системи об'єктів та взаємодію об'єктів різної природи, зокрема соціальні; біологічні, технічні системи тощо. Одним з прикладів мережних структур є соціальні мережі, які стали невід'ємною частиною нашого життя. Люди в різний спосіб взаємодіють між собою, що відображено в різних формах діяльності. Дуже багато інформації про таку взаємодію можна відстежити в соціальних мережах. Аналіз таких мереж може виявити корисну інформацію, яка дозволить встановити закономірності розвитку соціальних систем, виявити аномалії, отримати прогнози, що дозволить краще організувати планування, проектування та управління такими системами.

Для моделювання соціальних мереж зазвичай використовують модифіковані алгоритми побудови випадкових графів. Модифікація пов'язана з тим, що для соціальних мереж характерні певні особливості, якими вони відрізняються від випадково отриманих графів. Насамперед, ймовірність встановлення зв'язку нової вершини з вже наявною вершиною визначається ступенем наявної вершини (кількістю вершин, пов'язаних з даною вершиною): «багатші вершини стають ще багатшими», тобто, чим більша степінь вершини, тим більша ймовірність встановлення зв'язку нової вершини з цією вершиною.

Інша характерна особливість соціальних мереж – наявність хабів, тобто ключових вершин, степінь яких значно перевищує середнє для всього графа значення степеня вершини. Така особливість характерна для графів класу «тісний світ» (маленький світ, англ. *a Small World*). В реальних соціальних мережах окремі актори поєднуються в тісно пов'язані групи, які зв'язані між собою через мости [1-4].

Традиційно для позначення окремого елемента соціальної мережі використовують термін «вершина», якщо мова стосується теорії графів, або «вузол», якщо мова – про прикладні математичні дослідження та алгоритмічні реалізації, або ж «актор», якщо маються на увазі соціологічні дослідження та соціальні комунікації. В соціальних мережах вершина, вузол та актор – це представлення на різних рівнях абстракції окремої людини, яка виступає суб'єктом зв'язку з іншими людьми.

Наступні характеристики можуть використовуватися в якості основи для побудови мережних метрик [5-8]:

Кількість вершин  $n$  та кількість ребер (зв'язків)  $e$  – загальні характеристики графів.

Густина ребер (density) – відношення кількості наявних ребер графа до максимально можливої кількості ребер:

$$D = \frac{e}{e_{\max}} = \frac{2e}{n(n-1)}.$$

Степінь вершини  $k$  – кількість вершин, пов'язаних з даною.

Кількість компонент зв'язності – кількість незв'язаних між собою частин графа (наборів вершин). Чим більше компонент, тим менша зв'язність мережі, тим більша ймовірність, що деяка інформація не доходить до учасників.

Кількість клік в графі – це міра кількості підгруп в мережі, кожна підгрупа характеризується високим рівнем кооперації між учасниками.

Кластеризація – локальна характеристика мережі. Вона характеризує степінь взаємодії найближчих сусідів даного вузла між собою. Якщо вузол  $A$  зв'язаний з вузлом  $B$ , а вузол  $B$  – з вузлом  $C$ , то є ймовірність, що вузол  $A$  зв'язаний з вузлом  $C$  («друзі наших друзів зазвичай теж є нашими друзями»).

Локальний коефіцієнт кластеризації  $c$  даного вузла – ймовірність, що два найближчих сусіда цього вузла також є найближчими сусідами. Коефіцієнт  $c$  – відношення реальної кількості зв'язків між безпосередніми сусідами даного вузла та їх максимально можливої кількості.

Для вузла  $i$  коефіцієнт кластеризації

$$c_i = \frac{2e_i}{k_i(k_i-1)},$$

де  $e_i$  – реальна кількість зв'язків,  $k_i$  – степінь вузла, а в знаменнику записана максимально можлива кількість зв'язків між безпосередніми сусідами вузла  $i$  (при якому мережа чи її частина стає повним графом).

Можна усереднити коефіцієнт кластеризації для будь-якої частини мережі або для усієї мережі, тоді він стане її інтегральною характеристикою:

середній коефіцієнт кластеризації

$$C_{avg} = \frac{1}{n} \sum_i c_i.$$

Для кліки коефіцієнт кластеризації дорівнює 1. Коефіцієнт кластеризації – більш ефективна метрика, чим густина, її частіше використовують при аналізі соціальних мереж. Це – ймовірність, що 2 моїх друга також друзі між собою (міра фрагментованості мережі). При великій кластеризації інформація буде поширюватися лише в даному кластері. При малій кластеризації інформація швидко поширюється по усій мережі.

Глобальний коефіцієнт кластеризації – міра того, наскільки багато вузлів графа згруповані в кластери. Вона визначається на основі типів триплетів в графі. Триплет складається з центрального вузла та його двох сусідніх вузлів. Якщо сусідні вузли пов'язані між собою – це закритий триплет. Якщо сусіди – не пов'язані, це – відкритий триплет. Глобальний коефіцієнт кластеризації – це відношення кількості закритих триплетів в усьому графі до загальної кількості триплетів. Тобто, це – результат ділення кількості трикутників в графі на максимально можливу кількість трикутників.

Глобальний коефіцієнт кластеризації можна обчислити на основі локального коефіцієнта кластеризації наступним чином:

кількість закритих триплетів

$$T_{closed} = \sum_i c_i k_i (k_i - 1),$$

кількість триплетів

$$T = \sum_i k_i(k_i - 1),$$

глобальний коефіцієнт кластеризації

$$C_{global} = \frac{T_{closed}}{T},$$

де  $c_i$  – локальний коефіцієнт кластеризації  $i$ -го вузла,  $k_i$  – степінь  $i$ -го вузла.

Глобальний коефіцієнт кластеризації – міра кластеризації для всіх вузлів графа. Якщо цей коефіцієнт великий, то зв'язки в графі згруповані довкола кількох вузлів, якщо малий – то зв'язки достатньо рівномірно розподілені посеред усіх вузлів.

Здебільшого наявні метрики, які використовуються для аналізу соціальних мереж, не враховують динаміки, тобто розвитку мережних систем в часі. Також недоліком багатьох наявних моделей соціальних систем є відсутність ваги зв'язку між вершинами: відзначається факт зв'язку, а не його «вага». Іншими словами, в реальних соціальних системах не всі зв'язки є рівновеликими. Природно ввести вагу зв'язків, це приведе до того, що елементи матриці суміжності відповідного графа набуватимуть значення з діапазону  $[0; 1]$ . Це, в свою чергу, дозволить ввести поняття «ймовірність зв'язку» та розглядати динамічні та ймовірнісні моделі соціальних мереж.

Метрики необхідні при аналізі соціальних мереж. Для подібних задач актуальною є проблема факторизації та симпліфікації (зменшення розмірності) простору відповідних математичних об'єктів. Можна виділити два основних способи вирішення вказаної проблеми: по-перше – побудова відображення на простір меншої розмірності; по-друге – введення та використання агрегатних характеристик мережних та ієрархічних структур.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Otte, Evelien; Rousseau, Ronald (2002). "Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences". *Journal of Information Science*. 28 (6): 441–453. doi:10.1177/016555150202800601. Retrieved 2015-03-23.
2. Grandjean, Martin (2016). "A social network analysis of Twitter: Mapping the digital humanities community". *Cogent Arts & Humanities*. 3 (1): 1171458. doi:10.1080/23311983.2016.1171458.
3. Pinheiro, Carlos A.R. (2011). *Social Network Analysis in Telecommunications*. John Wiley & Sons. p. 4. ISBN 978-1-118-01094-5.
4. D'Andrea, Alessia; et al. (2009). "An Overview of Methods for Virtual Social Network Analysis". In Abraham, Ajith. *Computational Social Network Analysis: Trends, Tools and Research Advances*. Springer. p. 8. ISBN 978-1-84882-228-3.
5. Hansen, Derek; et al. (2010). *Analyzing Social Media Networks with NodeXL*. Morgan Kaufmann. p. 32. ISBN 978-0-12-382229-1.
6. Liu, Bing (2011). *Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data*. Springer. p. 271. ISBN 978-3-642-19459-7.
7. Hanneman, Robert A. & Riddle, Mark (2011). "Concepts and Measures for Basic Network Analysis". *The Sage Handbook of Social Network Analysis*. SAGE. pp. 364–367. ISBN 978-1-84787-395-8.
8. Tsvetovat, Maksim & Kouznetsov, Alexander (2011). *Social Network Analysis for Startups: Finding Connections on the Social Web*. O'Reilly. p. 45. ISBN 978-1-4493-1762-1

## ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО І ВИЖИВАННЯ ЛЮДЕЙ

Грицик В.В.

ТНТУ ім. І. Пулюя. вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна, 46001  
volodymyrhrytsyk@gmail.com

### Вступ.

Останні роки технології штучного інтелекту (ШІ) вже міцно ввійшли у життя людей[7-13]: цифрові камери і розпізнавання відео- та аудіообразів, голосові помічники, таргетування і пошук за тегами – усе це результат застосування технологій ШІ. Побутові прибори та побутова техніка не тільки автономно приймають рішення, але й стають частиною Інтернет рішень. Самокеровані авто (Тесла) вже мають комерційне впровадження і існує передбачення, що до 5 років у США введуть заборону на продаж авто без систем ШІ (наприклад, автоматичне гальмування). У багатьох компаніях клієнтів по Інтернету обслуговують автономні агенти (боти): транспортні компанії, банківський сектор, продажі речей. До 2030



року в світі можуть зникнути (більш ймовірно – зникнуть) люди-банкіри, люди-бухгалтери, люди-кур’ери..., зміниться поняття фермерства – це будуть люди, що обслуговують роботів, які самостійно виконуватимуть усе: від посадки до доставки на ринки. Пентагон випробував систему тотального контролю – IBCS, яка є першою реальною «ластівкою» переводу військових сил до принципу мережевої концентрації. В якому взаємодія між різними системами максимально витісняє людину з ланцюжка прийняття рішень замінюючи принципи людина-людина, людина-машина на принцип машина-машина.

Донедавна потреба в інтелектуалізації комп’ютерних технологій була у тому, щоб прибрати рутинні роботи з життя людини. Однак, з 2012 року відбувся ривок в навчанні ШНМ і системи ШІ почали займатися традиційно «людськими» задачами, як приклад, в березні 2016, система ШІ AlphaGo, створена DeepMind, перемогла у грі Го [1], у листопаді 2016 GoogleDeepmind об’єдналася з компанією Blizzard для розробки ШІ, що здатний грати у StarCraft 2 (ця гра потребує візуальної оцінки поля уваги).

Практично, людина не витримує конкуренції зі ШІ у всіх сферах життєдіяльності.

Багато впливових людей (Шейн Легг, Елон Маск, Біл Гейтс, Нік Бостром, Стівен Хокінг...) висловлюють занепокоєння загрозами, які несе неконтрольований розвиток технологій ШІ і реакціями, які повинні або ще можуть зробити люди на можливими варіанти розвитку ШІ.

#### **Постановка проблеми.**

Світ швидко рухається до моменту, коли самонавчальні алгоритми стануть незамінними посередниками і зосередять у собі усю владу – людина не зможе конкурувати з роботами у жодній галузі. Уже сьогодні алгоритми Google визначають яку інформацію ви бачите, алгоритми Amazon – які продукти ви купуєте, алгоритми Match.com – з ким ви станете зустрічатися. Інтерактивне телебачення (інтернет новини) – формує нашу думку. Сьогодні людство на останньому рубежі – вибрати рішення із запропонованих алгоритмом варіантів. Але фактично, вибір – це ілюзія, адже 99,9% відбору проходить без участі людини – і, людина вибирає серед невеликого числа можливих рішень.

З науково-технологічним ривком, який виник в результаті розвитку глибоких нейронних мереж загроза стала ще більш явною. Відповідно до (Bostrom, 2014) людський мозок поступається потенційним системам ШІ за усіма параметрами:

- Максимальна обчислювальна швидкість нейронних елементів – 200 Гц. Для порівняння, сучасний смартфон має процесор з частотою 2 Гігерца, а питання мінімізації та архітектури щодо кількості ядер – це питання лише кількох десятиліть.
- Швидкість передачі потенціалу між нейронами максимально становить 120 метрів за сек. В той час як оптоелектроніка може передавати сигнали зі швидкістю світла.
- Людина має близько 100 мільярдів нейронів, але це - межа, в той час як комп’ютери можуть нарощувати кількість НЕ необмежено.
- Порівнюючи пам’ять людини і пам’ять ЕОМ – перевага за ЕОМ.
- Порівнюючи надійність нейрона мозку і НЕ комп’ютера – транзистор є надійнішим.
- Алгоритми, які обслуговують виживання людей дозволили нам зайняти верхню сходинку в харчовому ланцюжку. Але що відбудеться, коли ці алгоритми і архітектури отримає ШІ здатний до самовдосконалення у n разів швидше за людину чи людей (якщо ми говоримо про Інтернет чи обчислювальні хмари)?

#### **Мета роботи.**

Потрібно визначити можливі наслідки від впровадження систем ШІ із самодостатніми алгоритмами самонавчання.

#### **Варіанти розв’язку проблеми.**

Виходячи з того, що в аналітичних системах, системах пошуку 99% роботи вже виконують за нас системи ШІ, припустимо, що з варіантів є ще час щось зробити чи його вже нема, у нас варіант – час ще є. У цьому випадку ймовірних сценаріїв є не забагато:

1) Ми розв’язуємо проблему взаємодії з системами ШІ, робимо її дружньою, вирішуємо усі можливі проблеми і живемо довго і щасливо – самий оптимістичний варіант розвитку; Система ШІ досягає сингулярності – відбувається інтеграція людини з обчислювальними машинами, або значне стрибкоподібне збільшення можливостей людського мозку за рахунок біологічних змін і/або кіборгізації.

2) Система ШІ досягає рівня розвитку, коли, починає відноситись до людства як до оточуючої фауни (флори) – теж оптимістичний сценарій;

3) Система ШІ досягає такої стадії розвитку, на якій починає сприймати людину як паразита, якого потрібно позбавитись – враховуючи, що люди заледве домовилися, щоб не перетворити себе у радіоактивний попіл – не самий малоімовірний сценарій.

Розглядаючи оптимістичні сценарії, можемо побачити, що при перерахованих вище варіантах найбільш нагальними рішеннями є забезпечення виживання людей в умовах тотальної переваги систем ШІ

у всіх сферах діяльності. Як один з мінімальних заходів є введення поняття безумовного доходу, оскільки, передбачається, що людина не зможе конкурувати з роботами наділеними ІІІ.

Другою частиною є поняття робо етики. Ризики виживання людей усвідомлюються настільки, що найбільш впливові люди галузі ІІІ (керівник DeepMind Демис Хассабіс, експерт Facebook зі ІІІ Ян Лекун, підприємець – Ілон Маск та ін.) заснували етичний комітет, із задачею знайти шляхи виживання/співіснування людей з системами ІІІ. Вони сформували набір правил розвитку систем ІІІ (Асиломарські принципи ІІІ – Asilomar AI Principles). Кодекс [2] ділиться на три частини: дослідження, питання етики, довгострокова перспектива. Кодекс описує основні правила вивчення та впровадження ІІІ, зокрема автономного озброєння і самовідтворюваних інтелектуальних систем [3].

Автори документа вважають, що при розробці систем ІІІ вчені повинні взаємодіяти з регулятивними органами і відкрито ділитися своїми розробками з іншими вченими (н-д, OpenAI) для уникнення «гонки штучних інтелектів» і таємних розробок (особливо гонки інтелектуальних озброєнь).

Важливими елементами є підтвердження людиною рішень, які винесені ІІІ та обов’язкове навчання систем ІІІ загальнолюдським цінностям (права, свободи, культурне різноманіття).

У випадку поломки системи ІІІ повинна бути зрозуміла причина, а сам факт поломки повинен бути помітним.

Особливо строго повинно контролюватися самовдосконалення систем штучного інтелекту.

Європейський парламент планує винести на голосування звіт правил за якими люди будуть спілкуватися зі ІІІ, зокрема, роботами, ботами, андроїдами, іншими формами ІІІ, які здатні розпочати нову промислову революція, що може привести до необмежаного благоденства.

Пропонується створити поліцію ІІІ (OpenAI, Британія)

Перші кроки вже реалізуються:

У квітні 2016 року співзасновник проекту OpenAI Елон Маск відкрив [4] публичний доступ до тренувальної платформи ІІІ: OpenAI Gym. У 2017 році планується надати доступ до тренувальної платформи Universe, що дозволяє ІІІ використовувати комп’ютер як людина – дивлячись у екран і маніпулюючи клавіатурою і мишкою».

Особливе місце займає дослідження ІІІ на предмет отримання вигоди. DeepMind, стартап, що належить Google, дослідив взаємодію алгоритмів ІІІ. Алгоритми ІІІ адаптувалися в залежності від ситуації – об’єднувалися координуючи свої дії, або ставали агресивними [5]. Що не стосується алгоритму, який має значну перевагу у потужності [6].

#### Висновок

Країни Заходу вже вводять поняття безумовного доходу, оскільки, передбачається, що людина не зможе конкурувати з роботами наділеними ІІІ.

Потрібно розробити сценарій майбутнього, в якому люди будуть самовдосконалюватися впродовж усього життя.

Якщо не підготуватися інтелектуальна перевага машин може серйозно ускладнити задачу контролю людей над машинами. Проблемою може стати навіть здатність людей залишатися господарями своєї долі і гарантувати виживання виду.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. <https://www.wired.com/2016/03/googles-ai-wins-fifth-final-game-go-genius-lee-sedol/>;
2. звіт законів - <https://futureoflife.org/ai-principles/>;
3. Business Insider – <http://www.businessinsider.com/stephen-hawking-elon-musk-backed-asimolar-ai-principles-for-artificial-intelligence-2017-2> ;
4. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-12-11/tech-titans-create-company-to-develop-artificial-intelligence>;
5. <https://deepmind.com/blog/understanding-agent-cooperation/>;
6. <http://www.theverge.com/2017/2/9/14558418/ai-deepmind-social-dilemma-study>.
7. "EU study tackles vision-mapping language" // Research\*eu Results Magazine, №19 – February 2013 p. 38
8. From electronic brains to artificial vision // research\*eu results magazine. - №30. - March 2014. - p.25-26.
9. Audio-visual answer to modern computing. – research\*eu results supplement. - №26. – July/August 2010. – 31-32p.
10. Грицик В.В., Грондзаль А.З. Модель аудіо-візуального сприйняття образне мислення для аудіо-візуальних рішень // ISDMCI'2015. – 24-29.2015. – Залізний Порт. – ХНТУ. – с.51-53.
11. V. Hrytsyk, A. Hronczal, A.Bilenkyj . Augmented reality for people with disabilities. “COMPUTER SCIENCE & INFORMATION TECHNOLOGIES” (CSIT'2015), 14-17 SEPTEMBER 2015, LVIV, UKRAINE. – p.188-191.

12. Пастух О.А. Грицик В.В., Грицик В.В. Порівняльне оцінювання розроблених комп'ютерних технологій для сучасних систем комп'ютерного зору // Вісник ТНТУ ім. І.Пулюя. 2014. – №2(74). – 179-192
13. Tsmots, I., Skorokhoda, O. Hardware implementation of the real time neural-network components // Proceedings of 7th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design, MEMSTECH 2011. – P.124-126.

## ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ У РОЗУМНИХ БУДИНКАХ

Дідковський О.І.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Україна, 01601, місто Київ, вул. Володимирська, 64/13  
alex.didkovskyi@gmail.com*

Кількість енергії, яка витрачається на підтримку «комфортних» умов у житлових будинках корелює з коливаннями температури зовнішнього середовища та змінами інших погодних характеристик. Крім того, у деяких країнах є компанії посередники між кінцевими споживачами та виробниками електроенергії. Саме тому виникають ситуації, коли компанії посередники продають електроенергію дешевше собівартості. До 47% витрат на електроенергію припадає на системи клімат контролю. Цей факт підтверджує необхідність мінімізації електроспоживання. Складність цієї задачі визначається великою кількістю невідомих факторів, взаємодія між якими описується окремими моделями, що є причиною розбиття задачі мінімізації на декілька підзадач.

Розглянемо такі вхідні дані набір  $X_1, \dots, X_n$  – датасети для перших  $n$  користувачів. Вважатимемо, що один користувач має один термостат.

Кожний датасет складається з інформації відносно однієї з трьох базових змінних: час роботи приладу клімат-контролю, температура у будівлі та температура виставлена на приладі клімат-контролю. Вважається, що ця інформація оновлюється кожні 15 хвилин.

Мета дослідження – на основі наданих даних за літній період побудувати модель, яка буде використана у системі прийняття рішень. Завданням такої системи є мінімізація витрат на електроенергію як для усіх користувачів, так і для кожного. Така постановка потребує розбиття на послідовні кроки, кожний з яких являє собою побудову окремої унікальної моделі. Також, у роботах [1], [2], в яких описуються методи прогнозування часу роботи системи клімат-контролю кінцевий датасет містить у собі додаткові агреговані дані, які є результатами застосування моделей до базових датасетів.

Після базового аналізу даних першим кроком є кластеризація приладів клімат-контролю по базовим статистикам у різні періоди дня. Основний сенс постановки та розв'язання такої задачі – розбити множину термостатів на кластери, для того щоб будувати модель на їх основі, без використання кодів окремих термостатів. Для знаходження оптимального розбиття на кластери застосовується більше 4х методів кластеризації та знаходження оптимальної кількості кластерів.

Оскільки термодинамічні характеристики будівель невідомі, то можна лише апроксимувати їх реальні значення, однак є значна кореляція між ними та енергетичними витратами. Це і доводить необхідність моделі швидкості охолодження будівель. Результатом її застосування є значення прогнозу зміни температури будівлі за конкретних умов за короткий проміжок. Дані, отримані з цієї моделі будуть використовуватися у наступних моделях. Крім того, можливо застосувати цю модель для покращення кластеризації. Якщо розбити датасет для цієї задачі на два: перший складається з усіх спостережень, коли термостат не працює, а другий – з усіх інших, то виникає можливість отримати кластеризації будівель за термодинамічними показниками та за впливом термостату.

Нехай є потреба виміряти зміну температури за період з  $T_1$  по  $T_2$ , тоді  $\Delta t_{T_1, T_2}$  – величина яку ми оцінюємо, а  $\Delta \hat{t}_{T_1, T_2}$  – її оцінка. Ця оцінка визначається з наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} \Delta t_{T_1, T_2} = F(t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t_{T_1}^{term}, T_{T_1, T_2}^{term}, \dots) \\ \|\Delta \hat{t}_{T_1, T_2}\|_{T_1, T_2} \rightarrow \min, \end{cases}$$

де  $t_{T_1}^{in}$  – температура повітря в середині будівлі у час  $T_1$ ,  $t_{T_1}^{out}$  – температура повітря зовні у час  $T_1$ ,  $t_{T_1}^{term}$  – температура, до якої прилад клімат-контролю нагріває/охолоджує будівлю,  $T_{T_1, T_2}^{term}$  – час роботи приладу клімат-контролю у періоді з  $T_1$  по  $T_2$ , ... – інші змінні.

Наступним кроком є побудова моделі прогнозування часу роботи термостату. В рамках цієї моделі час роботи термостату залежить лише від його температури та температури повітря зовні, всередині

будівлі і термодинамічних характеристик будівлі. Однак при прогнозуванні на декілька годин внутрішня температура та температура на термостаті нам невідомі, для зовнішньої температури існує прогноз погоди. Для вирішення цієї проблеми використовуються лагові значення – інформація про температуру у цей часовий проміжок за декілька попередніх діб. Навчання моделі відбувається при розв'язанні наступної системи рівнянь:

$$\begin{cases} \Delta t_{T_1, T_2} = F(t_T, L_T, \dots) \\ \|\hat{T}_{T_1, T_2} - T_{T_1, T_2}\| \xrightarrow{T_1, T_2} \min, \end{cases}$$

де  $t_T$  – температурні характеристики,  $L_T$  – лагові значення, ... – інші змінні, включаючи попередньо отримані кластери.

Останнім кроком перед побудовою системи прийняття рішень є застосування баєсівських статистичних методів для оцінки ймовірності зміни параметрів роботи приладу клімат-контролю. Зокрема у [3] було розглянуто ймовірносне моделювання зміни температури роботи приладу клімат-контролю користувачем. Використання цього моделювання дає можливість враховувати поведінку користувача при температурах з проміжку комфорту при зміні параметрів приладу клімат-контролю постачальником.

У найпростішому випадку ми вважаємо, що є потреба мінімізувати споживання тільки за період за період з  $T_1$  по  $T_2$  та, що стратегія мінімізації на одному проміжку часу не впливає на стратегію для іншого проміжку часу. Тоді система прийняття рішень для управління приладом клімат-контролю буде вираховувати за наступною формулою:

$$\|\hat{E}\| \xrightarrow{T_1, T_2, t} \min,$$

де  $\hat{E}$  – оцінка витраченої енергії яка визначається формулою

$$\|\hat{E}\| = E_{p, T_1, t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t} [E_{t, t_n}^L * p(t) - E^S(t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t_{T_1}^{term}, T_{T_1, T_2}^{term}, t, \dots)]$$

де  $E_{t, t_n}^L$  – енергія, яка буде витрачена у випадку, коли споживач змінить температуру на приладі клімат-контролю з  $t$  до  $t_n$ ,  $p(t)$  – ймовірність цієї події.  $E^S(t_{T_1}^{in}, t_{T_1}^{out}, t_{T_1}^{term}, T_{T_1, T_2}^{term}, t, \dots)$  – енергія, яка буде збережена.

У більш складному випадку присутня змінна, яка відповідає за взаємодію у часі та наслідки вибору конкретної стратегії. Наприклад можливо заздалегідь охолодити будівлю, однак, тоді можливо, що зміна погодних факторів у наступні години призведе до повної зміни стратегії та додаткових енергетичних витрат. Крім того, у даній моделі не враховується, що ціна електроенергії для компанії постачальника коливається та корелює з попитом.

Дане дослідження показує можливість використання вищенаведених моделей для побудови якісної системи прийняття рішень для ефективного клімат-контролю. Для цього їх необхідно застосовувати послідовно.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Pierre Dagnely, Tom Ruelle, Tom Tourw'e, Elena Tsiporkova, Clara Verhelst (15 Dec 2015). Predicting Hourly Energy Consumption. Can Regression Modeling Improve on an Autoregressive Baseline? Data Analytics for Renewable Energy Integration. Volume 9518 of the book series Lecture Notes in Computer Science (LNCS), 105-122.
2. Hamid R. Khosravani, Mar'0a Del Mar Castilla, Manuel Berenguel, Antonio E. Ruano and Pedro M. Ferreira (20 Jan 2016). A Comparison of Energy Consumption Prediction Models Based on Neural Networks of a Bioclimatic Building. Energies 9(1), 1-24.
3. Дідковський О.І. "Модель побудови датасету для вирішення задачі оптимізації енергоспоживання". Тези, Конференція ComInt 2017

**ЕЛЕКТРОННА НАВЧАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ**

**Доценко Н. А.,**

*Миколаївський національний аграрний університет  
dotsenkona@outlook.com*

В сучасному світі електронна навчальна інформація використовується в багатьох вітчизняних та закордонних вищих навчальних закладах. Робота в інформаційному освітньому середовищі змінює ролі суб'єктів: в центрі навчання знаходиться студент, його мотиви, цілі, його психологічні особливості. Всі методичні питання, такі як організація навчального процесу, використання прийомів, засобів та ін.) заломлюються через призму особистості студента: його потреби, здібності, активність, інтелект. Включення комп'ютерних технологій у навчальний процес змінює роль засобів навчання, котрі використовуються в процесі викладання інженерних дисциплін, змінюючи навчальне середовище. Тому постає актуальне на сьогоднішній день питання щодо створення інформаційно-освітнього середовища стоїть при підготовці студентів інженерних спеціальностей, так як тут необхідний спеціалізований підхід, що враховує специфіку викладання інженерних дисциплін та особливості навчання студентів технічних напрямів. Здійснення навчання інженерів в інформаційно-освітньому середовищі пропонується за допомогою дистанційних курсів. Дистанційний курс - це комплекс навчально-методичних матеріалів та освітніх послуг, створених у віртуальному навчальному середовищі для організації дистанційного навчання на основі інформаційних і комунікаційних технологій [1, 2]. Сучасні студенти потребують актуальних дистанційних курсів, що можуть допомогти їм вирішити практичні завдання за фахом, з якими вони стикаються в реальному житті. При використанні електронної навчальної інформації слід враховувати потреби студента та визначити рамки його компетенції. Важливим кроком є попередня підготовка до формування дистанційного курсу – підготовка інформації, обговорення можливих інструментів для здійснення завдань. Тому необхідно провести аналіз потреб студентів інженерних спеціальностей з метою виявлення якісних засобів навчання. Від викладача залежить підбір електронної навчальної інформації та онлайн-підтримка студентів інженерних спеціальностей – робота у групі, обмін повідомленнями, підготовка аудіовізуального контенту [3, 4]. Дистанційне навчання можна реалізувати через віртуальне навчальне середовище Moodle, що є найбільш досконалою і поширеною в Україні і в світі системою навчального призначення. Дистанційний курс, розміщений у такому віртуальному навчальному середовищі, може забезпечувати: управління навчальним процесом та адміністрування; надання знань шляхом вивчення теоретичного матеріалу за фахом; самоконтроль; формування навичок і вмінь на основі отриманих знань; закріплення матеріалу; сумісну діяльність студентів інженерних спеціальностей у малих групах; контроль за засвоєнням теоретичного матеріалу, а також виконання практичних завдань та їх контроль [5, 6].

З метою дослідження стану використання студентами інженерних спеціальностей електронної навчальної інформації нами було проведено анкетування. В ньому брали участь студенти інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету наступних спеціальностей: 208 «Агроінженерія» – 46 осіб та 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» – 34 особи. Анкетуванням охоплені студенти другого (56 осіб та 28 осіб відповідно) та третього курсів (48 та 42 особи відповідно). Метою анкетування було виявлення стану використання студентами інженерних спеціальностей електронної навчальної інформації в мережі Інтернет, а також з'ясування найбільш актуальних методів навчання в умовах єдиного освітнього середовища. Досліджувались наступні питання: частота використання мережі Інтернет для пошуку навчальної інформації; типи девайсів, які студенти інженерних спеціальностей використовують для організації навчання; ступінь зацікавленості щодо відповідних типів електронної навчальної інформації; стан використання інформаційного освітнього середовища в процесі фахової підготовки; види інформації щодо наочного сприйняття. Результатами анкетування з приводу дослідження частоти використання мережі Інтернет для пошуку навчальної інформації показали, що майже 50% опитаних використовують мережу Інтернет щодня, 28% – користуються нею до трьох раз на тиждень, 20% – щотижня і 6% – щомісяця. Актуальність використання мережі Інтернет для пошуку навчальної інформації підтверджено. Цей факт надає можливість стверджувати, що майбутні інженери потребують навчального контенту в електронному вигляді. Щодо дослідження типів девайсів, якими студенти інженерних спеціальностей користуються для навчання отримані наступні результати: стаціонарний комп'ютер з метою навчання використовують 12% опитаних респондентів, 36% використовують ноутбук, всього 2% користуються нетбуком, 12% – планшетом і 44% опитаних студентів обрали для навчальних цілей смартфон. Відповідно, електронна навчальна інформація має бути представлена в дистанційному курсі таким чином, щоб нею було зручно

користуватися саме за допомогою таких девайсів. Тобто можна зробити висновок про те, що найбільш популярним типом девайсів для навчання є ноутбук та смартфон.

Навчальна інформація, що цікавить майбутніх інженерів в Інтернеті найбільше – електронні навчальні посібники. За отриманими результатами досліджень 42% відповіли, що їх цікавлять електронні навчальні посібники, 24% надають перевагу відео лекціям провідних фахівців зі спеціальності, 10 % вважають необхідними для освіти навчальні тренажери та 24% відзначили презентації з дисциплін. Тобто, найбільш актуальною інформацією є електронні посібники, презентації та відео лекції. Можливо відзначити актуальність наповнення дистанційного курсу для інженерів-механіків інтерактивними презентаціями, відео лекціями та електронними посібниками. Стосовно використання інформаційно-освітнього середовища для фахової підготовки 20% опитаних відповіли, що роблять це з більшості дисциплін, а 21% – тільки з профільних дисциплін, 9% – разово завантажують робочий кейс і не повертаються до роботи в середовищі. Лише 7% студентів інженерних спеціальностей проходять тестування один раз у семестр, в той час як 17% - кожного модуля виконують тести, а 26% студентів продивляються навчальні матеріали з різною періодичністю. В ході аналізу використання інформаційно-освітнього середовища для фахової підготовки визначено, що студенти використовують його для підготовки як з профільних, так і з фахових дисциплін. Досліджуючи тип інформації, яку легше сприймати, 8% опитаних обрали аудіо інформацію, 50% - візуальну, 20% - аудіо-візуальну, 12% - текст, 22% - комбінацію з усіх зазначених варіантів. Визначено доцільність поєднання різних типів інформації. Актуальним є проходження дистанційних курсів провідних викладачів України і світу. Щодо питання про бажання студентів інженерних спеціальностей доповнити їх навчання дистанційними курсами інших держав 22% опитуваних відповіли, що не бажають приймати участь в таких курсах, 32% виявили бажання, а 46% відзначили, що потребують допомоги при проходженні таких курсів. Тобто, проходження таких курсів є логічним доповненням при вивченні профільних дисциплін майбутніми інженерами.

Отже, дослідження стану використання студентами інженерних спеціальностей електронної навчальної інформації надає можливість стверджувати, що таку інформацію необхідно систематизувати, структурувати та представити в інтерактивному вигляді [7]. Створення інформаційно-освітнього середовища сприяє логічному впорядкуванню інформації, її систематизації і структуруванню, створює передумови для здійснення ефективної самостійної діяльності студентів інженерних спеціальностей. Розроблена таким чином електронна навчальна інформація має високу ефективність. А можливість самостійного вивчення студентами інженерних спеціальностей матеріалу при контролі результатів навчальної діяльності викладачем може покращити якість знань майбутніх інженерів. Головною особливістю використання електронного навчального середовища є те, що існує можливість якісного сприйняття контенту за рахунок інтерактивних лекцій, відеороликів та мультимедійних презентацій. Цілеспрямоване використання електронної навчальної інформації та правильне методичне насичення навчальних дисциплін дозволяє зробити навчальний процес більш інтенсивним та сприяє саморозвитку та самоудосконаленню студентів інженерних спеціальностей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Биков В. Ю. Відкрите навчальне середовище та сучасні мережні інструменти систем відкритої освіти / Інформаційні технології і засоби навчання : зб. наук.праць / за ред. В. Ю. Бикова, Ю. О. Жука / Ін-т засобів навчання АПН України. – К. : Атіка, 2005. – 272 с.
2. Биков В. Ю., Відкрита освіта в Єдиному інформаційному освітньому просторі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://url?sa=t&source=web&cd=5&ved=0CDwQFjAE&url>.
3. Бацуровська І. В. Масові відкриті дистанційні курси: інноваційна тенденція в освіті. І. В. Бацуровська. / Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки : збірник наукових праць. – Миколаїв, 2015. – С. 31–34.
4. Самойленко О. М. Використання інформаційних технологій у професійній діяльності. Видавництво: Методичний посібник / О. М. Самойленко. – Миколаїв, 2009. – 267с.
5. Самойленко О. М. Організаційно-методичне підґрунтя створення курсів підвищення кваліфікації працівників вищих навчальних закладів на дистанційній основі. О. М. Самойленко / Науковий вісник Миколаївського державного університету. Випуск 10. Педагогічні науки. Збірник наукових праць. Т.1. - Миколаїв: МДУ, 2005. – С. 182-186.
6. Кухаренко В. М. Дистанційне навчання: умови застосування. Навчальний посібник. 3-те вид. В. М. Кухаренко / Харків: НТУ «ХП», «Горсінг», 2002.- 320с.
7. Педагогічні аспекти відкритого дистанційного навчання. / [Андрєєв О. О., Бугайчук К. Л., Калінінко Н. О. та ін.]; За ред. Андрєєва О.О., Кухаренка В.М. – Харків.: ХНАДУ, 2013. – 212 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АТЕВ-ФУНКЦІЙ

Драган Я.П., Дронюк І.М., Шпак З.Я.

Національний університет «Львівська політехніка», 79013, Львів вул.С.Бандери 12  
Yaroslav.p.dragan@lpnu.ua, ivanna.m.droniuk@lpnu.ua, zshpak@ukr.net

Класична теорія комунікації та опрацювання сигналів (так узагальнено називають фізичні процеси, тобто змінні у часі фізичні величини, за допомогою яких передають відомості, числові дані тощо) спирається на формальний апарат теорії гармонічних функцій. Відомо, що Атев-функції узагальнюють гармонічні [1]. На основі цього виникла ідея, що викладена в даних тезах, про застосування Атев-функцій до теорії комунікацій. Як підсумок системного аналізу цієї проблеми у статті [1] констатуємо: оскільки математика є головно дедуктивною наукою (за М. Холодним – системою знань, здатною до саморозвитку), то для обґрунтування доцільності застосування Атев-функцій у задачах комунікації природно використати дедуктивний метод (хоча в статті наведено й інші аргументи). Бо тоді формально загальніша теорія гарантує коректність часткового специфічного випадку, а специфічність його вносить адаптивність до практично важливих потреб, оскільки, як визначив ще А. Пуанкаре, тільки прості факти надаються на узагальнення. У даному разі такою загальною формально є теорія Т-класів.

**Означення** (Я. Драган) [2]. Т-класом названо сукупність лінійних операторів і випадкових процесів другого порядку яко математичних моделей систем (перетворювачів) і сигналів відповідно таких, що зміна (мінливість) у часі їхніх характеристик визначає (втілює) оператор Т узагальненого зсуву (ОУЗ).

Взірцем став факт, що цей термін охоплює та узагальнює поняття інваріантного класу, коли характеристики стали в часі або формально – інваріантні щодо групи зсувів на часовій осі  $\mathbb{R}$   $\{U^s, s \in \mathbb{R}\}$ , позаяк  $U^s \cdot U^v = U^{s+v}$ , а базис просторів творять гармоніки  $e^{it\lambda}$  частот  $\lambda \in \mathbb{R}$ , які є власними функціями оператора зсуву в силу факту:  $U^s \cdot e^{it\lambda} = e^{i(t+s)\lambda} = e^{it\lambda} \cdot e^{is\lambda}$ , тут  $s$  – параметр (величина зсуву), а розклади на гармоніки дає класичне перетворення Фур’є. В узагальненнях замість групи використано поняття гіпергрупи.

**Теорема.** Гіпергрупу ОУЗ  $\{T^s, s \in D\}$  над лінійним простором функцій  $f: D \rightarrow \mathbb{H}$  ( $D \subseteq \mathbb{R}$ ) творять оператори, власні значення яких рівні при кожному значення параметра  $s$  ОУЗ значенням власної функції  $\varphi(\bullet, \lambda)$  порідного оператора  $L$  базису  $\{\varphi(\bullet, \lambda), \lambda \in \Lambda\}$ , такого, що  $L\varphi(\bullet, \lambda) = \lambda \cdot \varphi(\bullet, \lambda)$ , тобто,  $T^s \varphi(\bullet, \lambda) = \varphi(s, \lambda) \cdot \varphi(\bullet, \lambda)$ ,  $\lambda \in \Lambda$  – індекс функції, або стисло:  $T^s = \varphi(s, L)$ . Базис повинен бути ортонормованим в сенсі  $\int \varphi(t, \lambda) \overline{\varphi(s, \lambda)} m(d\lambda) = \delta(t - s)$ , тут  $m(\bullet)$  – міра на просторі  $D$ , риска над виразом у цій формулі – комплексне спряження, а  $\delta(\bullet)$  – дельта-функція Дірака.

Монографія [2] адресована науковим та інженерно-технічним працівникам з радіофізики та радіотехніки, тому алгебричні аспекти зачеплені в ній порівняно мало. Повніше, а головно з акцентом на актуальний у “скомп’ютеризовану еру” (тут перефразовано вислів П. Тичини), дискретний варіант теорії та порівняльне поєднання його з континуальним у стилі конкретної математики Д. Кнута [3] наведено в монографії [4]. Книга [4] написана не з такою педагогічною вправністю і дотепністю як [3]. А спеціально для потреб вивчення різних варіантів абелевих груп у зручній для цієї мети символіці Дірака аналогічний вираз (з цитуванням монографії [2]) навів В. Лабунець [5]:  $D^\tau |\chi_\alpha(t)\rangle = |\chi_\alpha(t + \tau)\rangle = \chi_\alpha(t) |\chi_\alpha(t)\rangle$ , де  $\chi_\alpha(t)$  – характер групи. Досить обширний огляд чисто алгебричних аспектів проблематики ОУЗ та гіперкомплексних систем як таких подано Г. Літвіновим [6].

**Наслідок.** Гіпергрупа ОУЗ  $\{T^s, s \in D\}$  в \*-алгебрі (де \* означає інволютивно-конволютивну алгебру [7]) задає зовнішнє множення як згортку за формулою  $f * g(t) = \int f(s) T^s g(t) dt$ .

Гіпергрупа ОУЗ базується на лінійному функційному просторі, якщо базисом простору є власні функції порідного лінійного оператора. Згортка забезпечує справедливість твердження Парсевалє-Планшереля для розкладів (відображень, лінійних перетворень) функцій простору з цим базисом як ядром перетворення, що доповнює спектрально-часовий аналіз частковою компонентою, яка є суттєвою у класичній теорії комунікацій.

Викладена тут послідовна концепція (від лат. consertio – сприйняття; система поглядів на певне явище, спосіб розуміння і тлумачення його, основна ідея теорії), яка опирається на поняття: ОУЗ, гіпергрупа, Т-класи, цілком і повністю відповідає потребі розроблення теоретичних засад застосування Атев-технологій у задачах спеціальної комунікації. При цьому спираємося на тезу (від грец. ζετις – положення, твердження) фахівця з математичних методів у теорії сигналів А. Балакрішнана [8]: “Слід мати на увазі, що абстрактна теорія досить часто простіша, ніж застосування її” і відому тезу Р. Куранта: “Всі загальні теорії виникають з розгляду часткових проблем і не мають ніякого сенсу, якщо вони не служать для роз’яснення часткових питань і наведення в них порядку”.

А щодо зародження тенденції сучасної думки стосовно історії науки, то один з фундаторів системного аналізу і перший президент Української академії наук В.Вернадський за свідченням його сусіда в 30-ті роки в бесідах в домі на Дурновському провулку в Москві, де той мешкав, настоював на неминучості і конечності “опирання на висновки науки історії і оцінюванні наукових здобутків, у тім числі і того, що він вніс у науку» за критерієм стосовності підтвердження досвідом наукових істин – «зовнішнім оправданням і внутрішньою досконалістю” (правда, такі терміни запроваджені тільки в 1949 р.) [9].

Для подальшої популяризації викладеної концепції та підвищення ефективності сприйняття її реалізації наведених тез слід пригадати, що оскільки в аналогічній ситуації серед фахівців з теорії сигналів побутував уже термін беселоїди та беселеваріантність та що свого часу ще Ж. Дельсарт [10], запроваджуючи якраз поняття ОУЗ та гіпергрупи брав за основу змодифіковане рівняння Бесселя, то, вшановуючи історію (всупереч знаній тезі, що історія нічого не вчить) доцільно й зараз клас сигналів і апаратних засобів з Ateb-функціями як базисом назвати Ateb-варіантними і запровадити термін Ateb-клас.

У лінійному просторі функцій  $f: D \rightarrow H$  задамо оператор Ateb-перетворення  $L_{m,n}: H \rightarrow C$  у вигляді

$$L_{m,n} = \frac{d^2}{dt^2} + c_\theta^2 t |t|^{\theta-1}, \text{ де } H - \text{гільбертів функційний простір, } C - \text{множина комплексних (дійсних) чисел,}$$

$c_\theta$  – певна константа,  $\theta$  – степінь нелінійності оператора. Власними функціями цього оператора є Ateb-функції  $sa(m, n, t)$ ,  $sa(n, m, t)$  [1], де параметри  $m, n$  Ateb-функцій залежать від  $\theta$ . Система Ateb-функцій при певних значеннях параметрів  $m, n$  є повною та ортонормованою у функційному гільбертовому просторі, а тому може слугувати базисом [11]. Для обробки та передавання сигналів необхідно мати інструментарій, що забезпечує коректне виконання операцій додавання та множення. У випадку періодичних Ateb-функцій згортку задамо формулою  $f * g(t) = \int f(s) L_{m,n}^s g(t) dt$ . Позначимо множину операторів Ateb-перетворення через  $\Lambda_{m,n} = \{L_{m,n}\}$ . Отже, алгебру Ateb-перетворень можна подати у вигляді  $A_{m,n} = \langle \Lambda_{m,n}; \Omega \rangle$ , де  $\Lambda_{m,n}$  – множина операторів Ateb-перетворення,  $\Omega$  – сигнатура алгебри  $A_{m,n}$ . Множина  $\Omega$  містить “додавання” та “множення”. Множенням слугує записана вище згортка, а додаванням – звичайне додавання функцій. Таким чином сукупність  $\{A_{m,n}; f\}$  утворює Ateb-клас, що є інваріантним відносно Ateb-перетворень.

**Висновок.** Розроблено цілісну лінійну керовану систему з відповідною структурою над гільбертовим функційним простором на основі узагальнених тригонометричних функцій, а саме Ateb-функцій. На основі цих функцій побудовано відповідні Ateb-перетворення, що є узагальненнями перетворень Фур’є. Показано, що побудована таким чином структура, утворює алгебру над гільбертовим функційним простором разом із зовнішньою операцією множення, яке визначається на основі згортки. Поданий алгебричний апарат може бути ефективно застосований у теорії сигналів для побудови апаратних засобів мереж зв’язку спеціального призначення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Я.П. Драган, І.М. Дронюк Системний аналіз негармонічних сигналів та систем і Ateb-функцій//Львів : РВВ НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26.8. – С. 316-327.
2. Драган Я.П. Структура и представления моделей стохастических сигналов. – К.: Наук. Думка, 1980. – 384с.
3. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики М.: Мир, 1998. – 703 с.
4. Драган Я.П. Модели сигналов в линейных системах / Я.П. Драган. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1972. – 303 с.
5. Лабунец В.Г. Алгебраическая теория сигналов и систем. – Красноярск: Изд. Ун-та, 1984. – 244 с.
6. Litvinov G. L. Hypergroups and Hypergroup Algebras // arXiv:1109.6596 [math.RT], 2011. – 52 p.
7. Żelazko Wiesław Algebry Banacha / Żelazko Wiesław //W-wa Państwowe wyd. Naukowe, 1968.-180s.
8. Балакришнан А. В.Прикладной функциональный анализ / А. В. Балакришнан //М.: Наука, 1980.-382с.
9. Кузнецов З. Б. Вернадский / в кн. Встречи.-М.:Наука, 1984. – с.35-49.
10. Delsarte J. Hypergroups et operateurs de transmutations // In: La theorie des equations dux derives partielles, Paris: CNRS, 1956, 71. – Pp. 29-44.
11. Сокіл Б. І. Нелінійні коливання механічних систем і аналітичні методи їх досліджень [Текст] : Автореф. дис. д. т. н.: 05.02.09 / Б. І. Сокіл; НУ "Львівська політехніка". – Львів, 2001. - 36 с.



**СТВОРЕННЯ БАЗ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ ЧЕРЕЗ СОЦІАЛЬНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ**

**Дубан Р.М., Дубан А.О.**

*Криворізький економічний інститут КНЕУ ім.В.Гетьмана, 50055, Кривий Ріг, вул.Медична, 16, ДВНЗ «Криворізький національний університет», 50086, Кривий Ріг, пр.Гагаріна, 54, romaduban@gmail.com, anna.konovalenko@gmail.com*

Адаптивне тестування знань є привабливою технологією електронного навчання. Очевидною перевагою адаптивного тестування є скорочення часу на тестування. Проте зворотнім боком є висока трудомісткість формування бази тестових запитань та оцінка їх складності. Найбільш відомі три стратегії адаптивного тестування: перша називається пірамідальним тестуванням, друга flexilevel, третя stradaptive. Пірамідальна стратегія полягає у тому, що при відсутності попередніх оцінок всім дають завдання середньої складності. І вже потім, у залежності від відповіді, кожному дається завдання легше чи важче. Друга стратегія - flexilevel-контроль починається з рівня складності, який обирає саме той, хто проходить тестування, з поступовим наближенням до реального рівня знань. Третя стратегія –stradaptive (від англ. stratified adaptive), коли тестування проводиться за допомогою банку завдань, розділених за рівнями складності. При правильній відповіді наступне береться завдання вищого рівня, при неправильному - нижнього [1]. Вказані стратегії вимагають наявності оцінок складності тестових запитань, групування запитань за оцінками рівня їх складності, наявності принаймні декількох десятків запитань в одній групі складності. Сучасна IRT (Item Response Theory) теорія тестового контролю знань має методику оцінювання рівня складності запитань відносно контрольних груп. [2,3] Процес отримання оцінок складності потребує значних зусиль й часу. Проте, нам частково вдалося вирішити цю задачу, створивши інформаційну систему автоматичної оцінки профілів питань на основі сплайн-моделей профілів [4]. Але залишається проблема формування великого банку питань із різними рівнями складності. Задача ускладнюється тим, що апіорі важко визначити рівень складності питання. Більшість намагань керувати складністю питання апіорі (до визначення рівня складності на контрольній групі) зводиться до ускладнення формулювання й розуміння самого питання й варіантів відповіді. Такий підхід навряд чи є правильним, оскільки складність стосується не предметної області, а суто філологічних особливостей формулювань. Таким чином, для якісної реалізації комп'ютерного адаптивного тестування потрібна база запитань у 3-5 разів більша ніж при тестуванні у рамках класичної теорії тестового контролю знань.

Автори пропонують для створення бази тестових запитань технологію колективного формування запитань у соціальних мережах. Перевагою такого підходу є велика аудиторія соціальних мереж, наявність у цих мережах розгалужених професійних зв'язків та існування спеціалізованих соціальних мереж фахівців та науковців (наприклад ReseareshGate). В цій технології тестове запитання та варіанти відповідей на нього виступають у якості окремого й базового елемента-об'єкта. Головна ідея полягає у тому, що користувачі соціальної мережі створюють окремі запитання та відповіді на них. Тест формується як множина вибраних за певним критерієм запитань розміщених у вільному доступі, або серед учасників певних груп чи кола інтересів. На початкових етапах питання проходять через етапи обговорення й оцінювання. Таким чином, у експертний спосіб визначається апіорний рейтинг питань. Питання включені до тестів отримують апостеріорні оцінки складності відносно контрольних груп. Отже, поступово запитання отримує кортеж об'єктів, які ілюструють його історію та властивості. Це тести до яких включено запитання, історія застосування тестів до яких включене запитання, контрольні групи й оцінки складності питання в цих групах. На основі кортежів формується статус, який показує стан питання (нове, рецензоване, використане, оцінене, стабільне) та його рейтинг.

В доповіді показано технологію формування баз тестових питань для соціальних мереж що складається із множини об'єктів тестового контролю, етапів життєвого циклу тестового питання, стратегій використання тестових питань та інформаційної моделі технології. Дискусійним є питання реалізації технології у соціальних мережах загального призначення чи спеціалізованих.

**ЛІТЕРАТУРА:**

- 1.Васильев В. І., Тягунова Т. Н. Основи культури адаптивного тестування. М.:Вид-во ІКАР, 2003.
- 2.Ronald, K. Comparison of classical test theory and item response theory and their applications to test development // Educational Measurement: issues and practice. – 1993. – Way of access: [http://www.internationalgme.org/Resources/Pubs/ITEMS\\_Module\\_16.pdf](http://www.internationalgme.org/Resources/Pubs/ITEMS_Module_16.pdf) – Title from the screen.
- 3.Wiberg, M. Classical test theory vs. item response theory [Electronic resource] // EM No 50, - 2004. Way of access: [http://www.edusci.umu.se/digitalAssets/59/59529\\_em-no-50.pdf](http://www.edusci.umu.se/digitalAssets/59/59529_em-no-50.pdf). – Title from the screen
4. Дубан Р.М.,Шелевицький І.В. Вісник Національного університету ”Львівська політехніка” серія Інформатизація вищого навчального закладу. – Львів, 2012. – N731. – С.23-28.

## МЕТОДИКА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ГІРОВЕРТИКАЛІ ПО КАНАЛУ МОМЕНТНОГО ДАТЧИКА КРЕНА

Єрмолаєва О.В., Прокоф'єва І.Ю., Семків О.Я.

Національний авіаційний університет, 03680, м. Київ, просп. Космонавта Комарова, 1,  
e-mail: olgermol@yandex.ru

З кожним роком в авіакосмічній галузі зростають вимоги до точності та якості бортових навігаційних і управляючих систем рухомих об'єктів. Доцільно проводити модернізацію для систем управління існуючих зразків техніки з метою досягнення вищих рубежів якості управління. Тому необхідно проводити так звані [1] етапи їх динамічної атестації. Суть такої атестації заключається в наступному. Малогабаритна гіровертикаль була встановлена на динамічний багатомірний стенд-імітатор рухів в заданому крейсерському збуреному русі. Сигнали, що характеризують збурений рух об'єкта — це багатомірний стохастичний процес із відомими за результатами випробувань прототипів об'єкта динамічними характеристиками, наприклад, матрицями спектральних і взаємних спектральних щільностей вектора вихідних сигналів стенда-імітатора. Для управління імітаторами в сучасних умовах необхідні алгоритми [1], які забезпечать оптимальне управління стендом імітатором, тобто забезпечать максимальну точність імітації стохастичних програмних рухів з урахуванням перешкод вимірів. За результатами експерименту ідентифікуються моделі динаміки малогабаритної гіровертикалі, включаючи матриці спектральних щільностей неконтрольованого при експерименті вектора збурень, що діють гіровертикаль при її функціонуванні в динамічних умовах, близьких до натурних, що імітуються на стенді.

Необхідно провести первинну обробку сигналів МГВ відпрацьованих на багатовимірному стенді-імітаторі кутових рухів по каналу моментного датчика крена.

У результаті напівнатурного моделювання руху реєструються осцилограми управляючих впливів, а також вихідні реакції системи (рис.1). Всі зафіксовані сигнали мають стохастичний характер. [2]

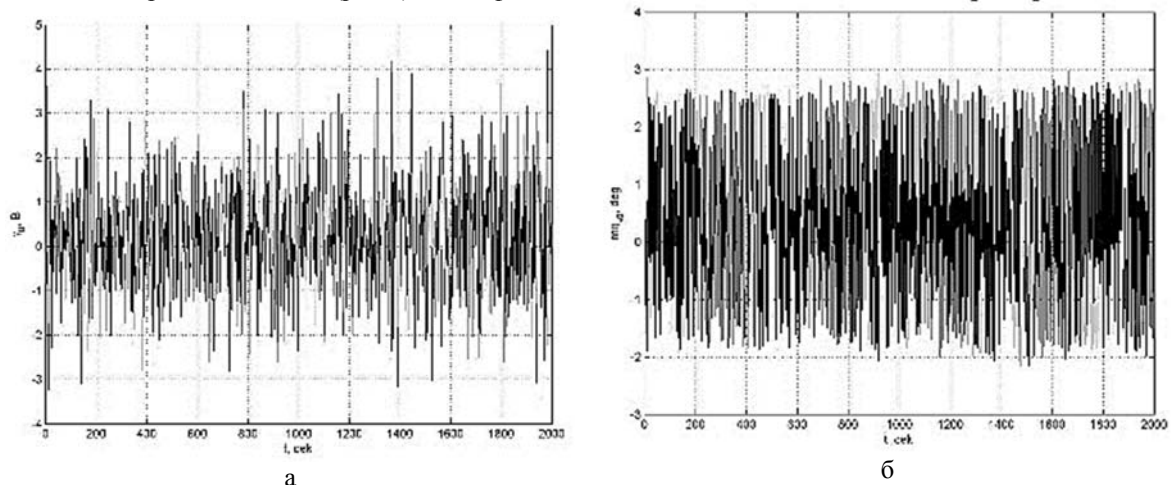


Рис.1 Осцилограми вхідних (а) і вихідних (б) сигналів

Для оцінки властивостей цих сигналів та взаємозв'язків між ними необхідно виконати їх первинну обробку [3], а саме – визначення моделей динаміки сигналів у вигляді матриць їх спектральних та взаємна спектральних щільностей.

Для складання моделей динаміки сигналів за отриманими графічними залежностями (рис.2, 3) необхідно їх апроксимувати за допомогою узагальненого методу логарифмічних характеристик та отримуємо математичні моделі у вигляді спектральних та взаємна спектральних щільностей вхідних та вихідних сигналів малогабаритної гіровертикалі.

По результатам апроксимації були визначені:

Спектральна щільність вхідного сигналу малогабаритної гіровертикалі по каналу моментного датчика крена

$$S_{\gamma_0\gamma_0}^r = \frac{1,96^2}{\pi} \left| \frac{(1,9^2 s^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1,9s + 1)(10,6^2 s^2 + 2 \cdot 0,9 \cdot 10,6s + 1)(1,5s + 1)(0,025^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,025s + 1)}{(8,5^2 s^2 + 2 \cdot 0,4 \cdot 8,5s + 1)(0,4^2 s^2 + 2 \cdot 0,9 \cdot 0,4s + 1)(6^2 s^2 + 2 \cdot 0,9 \cdot 6s + 1)(0,29^2 s^2 + 2 \cdot 4,1 \cdot 0,29s + 1)} \right|^2 \text{ [B}^2 \cdot \text{c]}$$

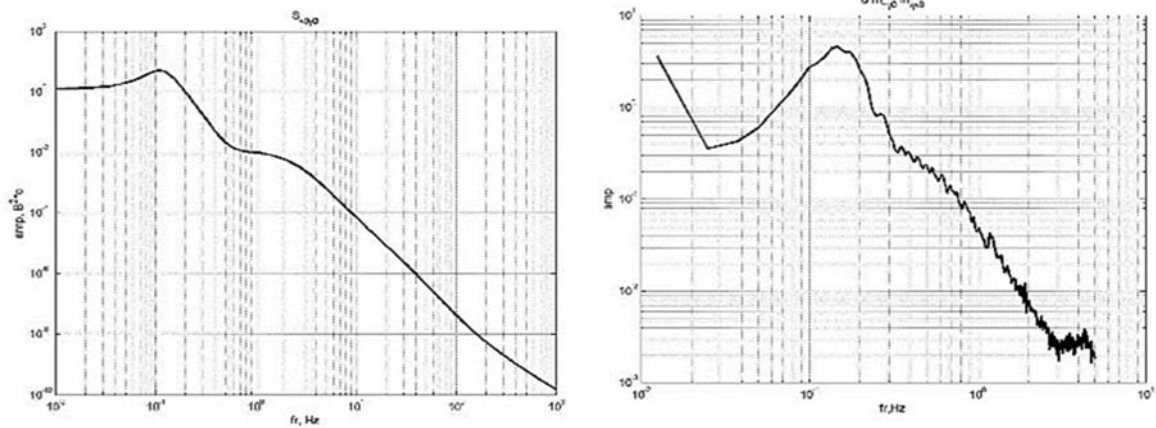


Рис.2 Спектральні щільності вхідного та вихідного сигналів малогабаритної гіровертикалі

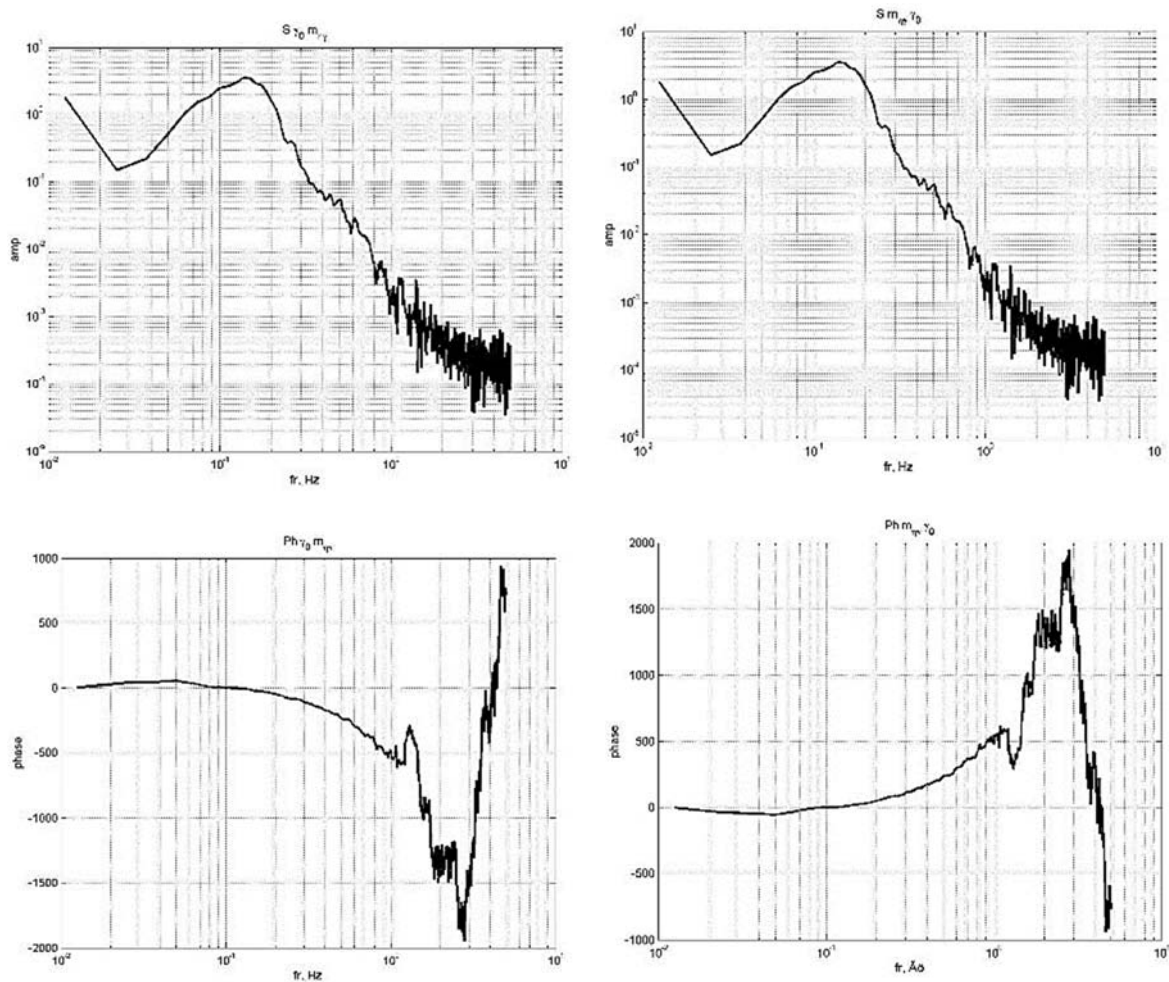


Рис.3 Взаємна спектральні щільності вхідного та вихідного сигналів малогабаритної гіровертикалі

Спектральна щільність вихідного сигналу малогабаритної гіровертикалі по каналу моментного датчика крена

$$S_{m_{\gamma_0} m_{\gamma_0}} = \frac{3,7^2}{\pi} \left| \frac{(3,19^2 s^2 + 2 \cdot 0,45 \cdot 3,19 s + 1)(6,1^2 s^2 + 2 \cdot 2,3 \cdot 6,1 s + 1)(0,33^2 s^2 + 2 \cdot 1,9 \cdot 0,33 s + 1)}{(62,7^2 s^2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 62,7 s + 1)(7,1^2 s^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 7,1 s + 1)(0,85^2 s^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,85 s + 1)(0,65^2 s^2 + 2 \cdot 1 \cdot 0,65 s + 1)} \right|^2 \text{ [град}^2 \cdot \text{с]}$$

Взаємна спектральна щільність між вхідним сигналом і вихідним сигналом малогабаритної гіровертикалі по каналу моментного датчика крена

$$S'_{\gamma_{0m_{\eta}}} = 0,8 \frac{1,96 \cdot 3,7}{\pi} \cdot \frac{(1,9^2 s^2 - 2 \cdot 0,5 \cdot 1,9s + 1)(31,9^2 s^2 + 2 \cdot 0,45 \cdot 31,9s + 1)(0,025^2 s^2 - 2 \cdot 2 \cdot 0,025s + 1)}{(62,7^2 s^2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 62,7s + 1)(8,5^2 s^2 - 2 \cdot 0,4 \cdot 8,5s + 1)(0,6^2 s^2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,6s + 1)^2} \text{ [В} \cdot \text{град} \cdot \text{с]}$$

Взаємна спектральна щільність між вихідним сигналом і вхідним сигналом малогабаритної гіровертикалі по каналу крену

$$S'_{m_{\eta}, \gamma_0} = 0,8 \frac{1,96 \cdot 3,7}{\pi} \cdot \frac{(1,9^2 s^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 1,9s + 1)(31,9^2 s^2 - 2 \cdot 0,45 \cdot 31,9s + 1)(0,025^2 s^2 + 2 \cdot 2 \cdot 0,025s + 1)}{(62,7^2 s^2 - 2 \cdot 0,7 \cdot 62,7s + 1)(8,5^2 s^2 + 2 \cdot 0,4 \cdot 8,5s + 1)(0,6^2 s^2 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,6s + 1)^2} \text{ [В} \cdot \text{град} \cdot \text{с]}$$

Моделі динаміки інших сигналів малогабаритної гіровертикалі складені по аналогічній методиці

**Висновки.** За допомогою запропонованої методики обробки сигналів, отриманих в результаті напівнатурного експерименту, складено моделі досліджуваних сигналів малогабаритної гіровертикалі у вигляді матриць спектральних та взаємних спектральних щільностей. Отримані моделі можуть бути використані в процесі структурної ідентифікації малогабаритної гіровертикалі.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.М. Блохін, М. Ю. Буриченко. Статична динаміка систем управління: Підручник для ВНЗ. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
2. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. М.: Машиностроение. – 1989. – 486 с.
3. В. С. Балакирев, Е. Г. Дудников, А. М. Цирлин. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. – М.: «Энегррия», 1967. – 232 с.

### МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СППР

Жарикова М.В., Шерстюк В.Г.

*Херсонский национальный технический университет, г. Херсон, Бериславское шоссе, 24  
marina.jarikova@gmail.com, vgsherstyuk@gmail.com*

В работе рассматриваются сложные динамические системы (СДС), формируемые в результате нелинейных взаимодействий множества нестационарных процессов стохастической природы, развивающихся в пространстве и времени. Зачастую протекающие в СДС процессы влекут значительную опасность и/или вызывают существенный риск для ценных объектов геоэкосистем, поэтому являются процессами деструктивного или разрушительного характера, возникающими спонтанно и развивающимися весьма быстро, что приводит к чрезвычайным и критическим ситуациям. Возникающие при этом задачи диагностики и прогнозирования состояния СДС, локализации и предотвращения чрезвычайных ситуаций решаются в условиях неполноты и неточности информации, а также нехватки времени и ресурсов, что требует значительных усилий по поддержке принятия решений.

Прогресс в области интеллектуальных геоинформационных технологий реального времени открывает большие возможности для решения таких задач, в то же время, разработка методов и моделей поддержки принятия решений в условиях быстроразвивающихся территориально-распределенных процессов разрушительного характера представляет собой достаточно сложную и нетривиальную проблему, которая еще более усложняется складывающимся дефицитом времени и ресурсов. Таким образом, исследование методов и моделей принятия решений в реальном масштабе времени на основе геоинформационных технологий для указанного класса процессов является важной и актуальной научно-технической задачей.

В данной работе предполагается, что СДС содержит множество статических и динамических объектов, вовлеченных в быстропротекающие пространственно-распределенные процессы. Динамические объекты воздействуют друг на друга и на СДС в целом, а их взаимодействия являются источником опасностей и угроз. Все взаимодействия происходят в рамках некоторой территориальной системы, представляющей собой пространственную модель геоэкосистемы. Такую модель можно построить на точечно-непрерывном базисе, но ее будет невозможно использовать для анализа пространственных областей в реальном времени из-за высокой вычислительной сложности. Поэтому в используемой модели трехмерное Евклидово пространство дискретизировано сеткой равновеликих ячеек, динамика состояний каждой из которых является составной частью некоторого протекающего процесса.

Пространственная модель состоит из трех уровней. Нижний уровень определяется множеством равновеликих ячеек, каждая из которых имеет параметры состояния. Ячейка рассматривается как

пространственный объект минимального размера, причем значения параметров всех точек, принадлежащих некоторой ячейке, предполагаются одинаковыми. Средний уровень определяет множество связных непересекающихся однородных областей пространства с размытыми границами, описание которых основано на наложении отношения толерантности на определенные подмножества значений атрибутов ячеек сетки. Каждая область может представлять объект определенного класса, причем области не могут перекрываться, но могут быть смежными; их важнейшими свойствами являются непрерывность и связность. Однако, зачастую при анализе взаимодействий объектов необходимо представлять пространственные области, не обладающие свойством непрерывности, которые могут состоять из множества распределенных в пространстве отдельных областей, представляющих собой не объекты, а зоны, однородные с точки зрения определенных оценок свойств (например, опасности, угрозы, риска). Таким образом, верхний уровень определяет зоны – составные области пространства, которые могут пересекаться, а также быть вложенными друг в друга. Для описания пространственных зон использован формальный аппарат мягких нечетких множеств (soft fuzzy set).

Оценка конфигурации пространственных зон является ключевым элементом пространственно-временного анализа, необходимого для поддержки принятия решений в условиях быстроразвивающихся территориально-распределенных процессов разрушительного характера. В работе предложено использовать приближенную модель пространственно-распределенного скачкоподобного Марковского процесса для определения в реальном времени пространственного описания зон, представляющих опасности, угрозы и риски. Для построения переходной функции Марковского процесса используются мягкие оценки возможностей. Динамика протекающих в СДС процессов описывается в виде динамического размытого топологического пространства.

Использование предложенной модели в ГИС-ориентированной СППР реального времени позволяет снизить вычислительную сложность и обеспечить приемлемую производительность при поддержке принятия решений.

## КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАКРОЭКОНОМИКИ РАЗВИТОЙ СТРАНЫ

**Заводник В.В., Романенко И.Д.**

*Институт прикладного системного анализа  
Национального технического университета Украины «КПИ»,  
Киев-03056, пр. Перемоги, 37, НТУУ - «КПИ»,  
wwz2008@mail.ru, ill.romanenko@gmail.com*

Теневая экономика, как социально-экономическая, монетарно-фискальная проблема и задача, стоят на повестке дня всю историю современного типа государственности во всем мире. Проблема – как от нее избавиться или хотя бы минимизировать объем, уровень и влияние. Задача – как рассчитать количественные показатели, определить параметры, легализовать. Теневая экономика присуща абсолютно всем странам мира, зависит от множества факторов и по-разному влияет на социально-экономическое состояние конкретной страны. Например, для стран ЕС средний показатель (доля ВВП) за 2003–2015 годы – 22,6%–18,3%, максимальный (Болгария) – 35,9%–30,6%, минимальный (Люксембург) – 10,0%–8,0%. [1]

В соответствии с обновленными мировыми стандартами в сферу теневой экономики входят: незаконные действия, соответствующие характеристикам операций, которые отражаются таким же образом, как и законные действия; производство и потребление товаров и услуг, являющихся незаконными (наркотики, проституция, подделки, пиратский выпуск и т.д.), но рыночными операциями, которые должны быть зарегистрированными в системе национальных счетов; деятельность, связанная с неуплатой налогов; нарушения интеллектуальной собственности; преступления в сфере охраны окружающей среды.

В настоящее время существует более 30 методов расчета (оценивания) объемов теневой экономики [2-3], которые можно разделить на следующие подмножества:

- эвристические (экспертные оценки);
- статистические (оценка неучтенной стоимости параметров ВВП);
- монетарные (анализ спроса на наличные деньги);
- структурные (сопоставление отраслей);
- специальные, наиболее активно разрабатываемые (альтернативные расчеты параметров ВВП [4]);
- социологические (опрашивания респондентов).

Эти методы охватывают достаточно широкий диапазон знаний, многие из них относятся к междисциплинарной области исследований и анализа, и требуют, в смысле интерпретации полученных результатов, дополнительных комментариев.

Согласно нормативной базы Министерства экономического развития и торговли Украины [5], для расчета уровня теневой экономики и определения ее объемов, в условиях имеющейся статистической базы [6-7] на Украине, используются следующие методы:

- 1) расходы населения – розничный товарооборот;
- 2) финансовый;
- 3) монетарный;
- 4) электрический;
- 5) налоговый;
- 6) убыточности предприятий (интервальный);
- 7) интегральный (линейная комбинация первых пяти).

Все они используются для оценки доли ВВП путем непрямого вычисления на макроэкономическом уровне стоимости товаров и услуг, которые умышленно занижаются или завышаются субъектами хозяйственной (экономической) деятельности в статистической отчетности. Для интегральной оценки используется линейная комбинация этих методов, с весовыми коэффициентами от 0 до 1, и суммой равной нулю. Метод убыточности предприятий дает интервальную оценку, которая может не совпадать с минимальным и максимальным значениями, рассчитанными другими методами. Обобщенное значение результатов характеризует состояние, а годовая динамика – тенденции развития теневой составляющей макроэкономики.

Рассчитываемыми параметрами теневой экономики являются номинальные (количественные) или относительные (в отношении к светлой части или всей экономики) значения: выпуск товаров и услуг; совокупный спрос (номинальный ВВП); совокупное предложение (реальный ВВП); стоимость труда; номинальная среднегодовая зарплата; количество занятых; предложения труда; спрос на труд; стоимость загруженного капитала; доля налогов, зарплаты и дохода в созданной добавленной стоимости; дефлятор ВВП; темп роста ВВП. Но, основным параметром, конечно же, является значение ВВП в национальной валюте, и доля ВВП (тень к свету).

В предлагаемом докладе авторами сделана попытка обобщить нормативные методы оценки параметров теневой составляющей макроэкономики развитой страны на примере Украины, используя имеющиеся статистические данные в открытых электронных ресурсах [6-7], и создать расчетный модуль, который, в свою очередь, может быть использован в интеллектуальной системе поддержки принятия управленческих решений в государственных или частных финансово-экономических структурах.

Результаты расчетов за период с 2011 по 2015 год (доля теневого ВВП Украины по отношению к «светлому», официальному ВВП) представлены на рисунке 1.

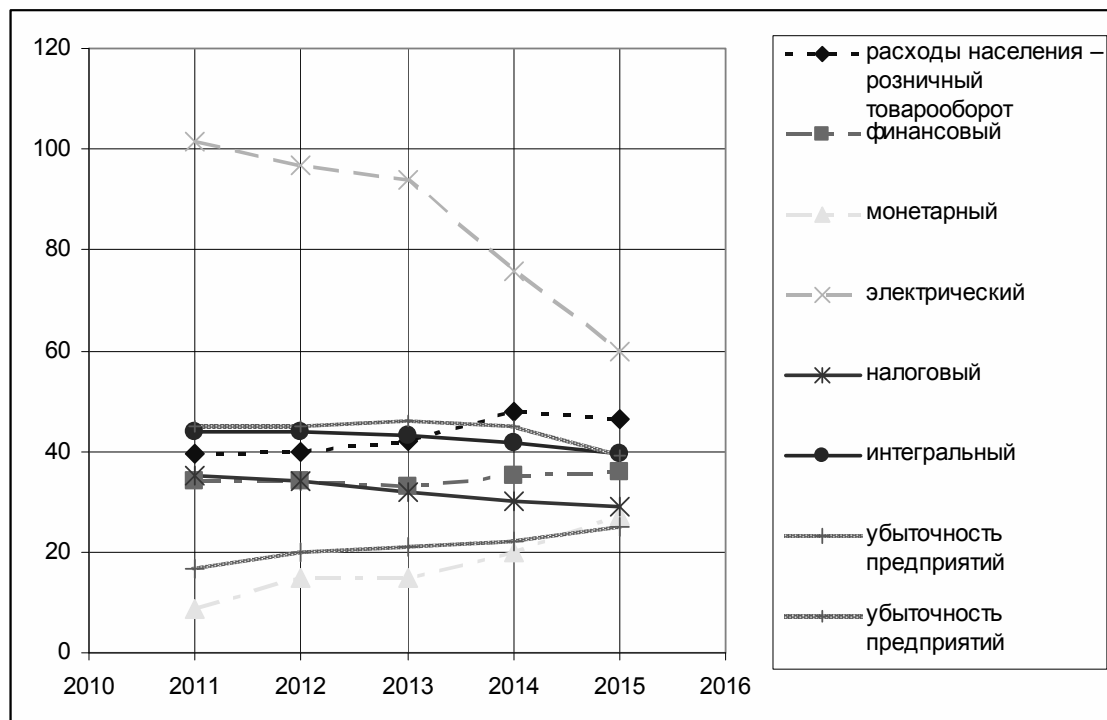


Рис.1 Доля теневого ВВП (в процентах) по методам

Полученные результаты свидетельствуют: по трем методам – 1,2,3 значения возрастают, что обусловлено вхождением макроэкономики страны в резкий кризис; по налоговому методу наблюдается снижение доли «тени», это обусловлено принятыми правительственными мерами по увеличению прозрачности экономической отчетности; по электрическому методу снижение значения обусловлено общим падением промышленного производства, где расходуется основная часть электроэнергии. И, наконец, интегральный метод дает значения в районе 40%, а метод убыточности предприятий (интервальной оценки) – сужающийся интервал значений с верхней границей в районе 40%.

Из выше перечисленного следует, что значение теневой составляющая ВВП Украины, по интегральному методу, находится выше 40% с тенденцией к плавному, незначительному уменьшению и более чем в 2 раза превосходит средний показатель по странам ЕС.

В докладе, также, предложены другие графики и таблицы полученных результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Электронный ресурс – <https://www.akearney.com/about-us/who-we-are>
2. Варналії З.С. Тіньова економіка: сутність, особливості та шляхи легалізації – К.: НІСД, 2006. – 576 с.
3. Антипов В.І. Тіньова економіка та економічна злочинність: світові тенденції, українські реалії, засоби контролю – Вінниця: ДП ДКФ, 2006. – 1040 с.
4. Харазішвілі Ю.М. Теоретичні основи системного моделювання соціально-економічного розвитку України – К.: ТОВ «ПоліграфКонсалтинг», 2007. – 324 с.
5. Министерство экономического развития и торговли Украины, электронный ресурс - [www.me.gov.ua](http://www.me.gov.ua)
6. Государственная служба статистики Украины, электронный ресурс – [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)
7. Национальный банк Украины, электронный ресурс – [www.bank.gov.ua](http://www.bank.gov.ua)

### МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГЕОПРОСТОРОВОГО ОБ'ЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОРІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

**Зайцев О.В., Новохатній Ю.В.**

*Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка,  
04050, Україна, м. Київ, вул. Мельникова, 81,  
a\_v\_zaitsev@ukr.net*

Використання різномірної інформації при вирішенні комплексних завдань моніторингу територій та складних об'єктів є важливою науковою проблемою. Результати подібних наукових досліджень надзвичайно потрібні в таких завданнях, як управління промисловими комплексами, моніторинг стану території, складних об'єктів та ситуації в певному районі [1-3]. Центральною проблемою інтеграції інформації є різномірність (різномірність) джерел даних. Звичайно, наявність такої різномірності створює істотні проблеми інтеграції даних, технологій і інформаційних систем, що негативно впливає на ефективність вирішення завдань. Наприклад, якщо йдеться про геопросторові дані, то їх різномірність проявляється в декількох вимірах: простір, час, масштаб, зв'язки та атрибути. Розробка алгоритмів інтегрування даних потребує певної методологічної платформи. Такою платформою можуть бути методи теорії імовірності, теорії нечітких множин, теорії свідчень Демпстера-Шейфера [4]. Вибір конкретної платформи залежить від обсягів статистичних даних та вибірок, необхідності обробляти незнання, інформацію від пов'язаних між собою джерел та залучення експертних оцінок.

Важливим елементом в процесі моделювання об'єктів з використанням інформаційних технологій є визначення їх стану. Сучасні інформаційні технології дозволяють підходити до оцінювання об'єкту комплексно, з використанням різномірних, незалежно працюючих джерел інформації (цифрових відеокамер, інфрачервоних та тепловізійних датчиків, інформаційних повідомлень в комп'ютерних мережах, геоінформаційних систем, навігаційного обладнання та інших систем). В процесі агрегування інформації з багатьох цифрових інформаційних джерел виникають питання щодо вибору математичного забезпечення для узагальнення отриманої інформації. Для вирішення задач агрегування інформації відомі підходи на основі теорії ймовірності, теорії нечітких множин, теорії свідчень та інші [4]. Під час вибору математичного апарату було досліджено такі властивості вказаних вище математичних апаратів як продуктивність, можливість визначення вхідних параметрів, складність реалізації. В результаті обрано байєсову модель агрегування інформації [5], як достатньо просту в реалізації та таку, що дозволяє в багатьох випадках визначити вихідні параметри для обчислень.

Сутність розробленої математичної моделі визначення стану геопросторового об'єкта з використанням різномірної інформації в умовах невизначеності полягає в наступному. Нехай, є деякий

об'єкт (процес, явище), стан якого може бути повністю описаний вектором станів  $S$ . Завдання складається у тому, щоб максимально точно визначити поточний стан об'єкта. Припустимо, що особа яка приймає рішення (ОПР) має певні визначальні відомості щодо можливого стану об'єкта, що дозволяє виразити його суб'єктивну (ап'юрну) версію розподілу ймовірності кортежем  $V = \langle H, p \rangle$ , де через  $H$  позначено ствердження – гіпотеза, що означений об'єкт знаходиться у певному стані, а через  $p$  – ймовірність такої гіпотези. При цьому гіпотези взаємно виключають одна одну.

Ап'юрні знання звичайно мають певну, іноді велику невизначеність і тому потребують уточнення [6]. Але при цьому необхідно керуватись деяким критерієм рівня невизначеності інформації. Скористаємось підходом, який базується на критерії нечіткості введеного Кліром [7]. Клір запропонував рівень невизначеності в розподілі  $P = (p_1, \dots, p_n, \dots, p_N)$  оцінювати функцією  $U$ -нечіткості, яка розраховується за такою процедурою.

1. Елементи визначального розподілу ранжуються за їх величиною, утворюючи послідовність (статистику)  $P^* = (q_1, \dots, q_l, \dots, q_L)$ . Якщо у визначальному розподілі є кілька елементів, однакових по величині, то в проранжованій послідовності залишається (замість них всіх) тільки один їх представник  $q_1 < q_2 < \dots < q_l, \dots, < q_L$ .

2. Для кожного з елементів статистики розраховується цілочисельний показник  $r_{l+1}$  як загальна кількість таких елементів у визначальному розподілі, значення яких перевищують значення елемента плюс одиниця.

3. Визначається (ненормалізована) функція у вигляді 
$$U(P) = \frac{1}{q_L} \cdot \sum_{l=1}^{L-1} (q_{l+1} - q_l) \cdot \log_2 r_{l+1}.$$

Далі проводиться її нормалізація  $\bar{U}(P) = U(P) / \log_2 N$ .

Значення (нормалізованої) функції нечіткості лежать в межах: нижня границя – нуль, коли має місце, що всі елементи у розподілі, за виключенням одного, дорівнюють нулю; верхня границя – одиниця, досягається, коли всі елементи розподілу рівнозначні.

Введемо такі позначення:  $K$  – загальна чисельність джерел інформації;  $N$  – загальна кількість гіпотез. Якщо ми маємо  $K$  джерел і кожне джерело здатне сформулювати свою сукупність гіпотез  $H$  щодо стану об'єкта, то необхідно мати механізм, яким чином звести (об'єднати) ці сукупності в єдину результуючу сукупність.

Використаємо спосіб об'єднання сукупностей гіпотез  $H$  від різних джерел, який базується на використанні Байєсовського підходу. Нехай, нас цікавить деякий об'єкт (процес, явище), котрий може знаходитись в одному зі станів  $S$ . Для з'ясування реального поточного стану цього об'єкта залучено  $K$  джерел, і будь-яке джерело формує свою сукупність гіпотез  $H$ , де кожна окрема гіпотеза пов'язана з відповідним станом об'єкта. Всього маємо  $K$  сукупностей гіпотез для їх об'єднання застосуємо формулу Байєса у її рекурсивній формі.

Формула Байєса дозволяє обчислювати апостеріорну ймовірність (функцію правдоподібності) для будь-якої гіпотези (і, таким чином, ймовірність відповідного стану об'єкту), але для цього потрібно знати ап'юрну ймовірність даної гіпотези, а також нормалізуючу константу. У відсутності необхідної інформації зазвичай приймають, що на початку розрахунків ап'юрні ймовірності всіх гіпотез однакові.

За цим алгоритмом було проведено експериментальне дослідження. Результати досліджень свідчать про те, що якщо залучити для виконання завдання два джерела і більше, нечіткість даних монотонно зменшується. Тобто зменшується невизначеність ситуації навколо об'єкту. У разі використання чотирьох наявних джерел інформації зменшення інформаційної невизначеності щодо стану об'єкта становить менше 20 %. Поєднання байєсовського підходу з оцінюванням невизначеності за Д.Кліром має хороший інструмент для обґрунтованого вибору джерел інформації.

**Висновки.** Запропонована модель визначення стану геопросторового об'єкта з використанням різномірної інформації. В основу моделі покладено байєсовський підхід з оцінюванням невизначеності за критерієм нечіткості Д. Кліра. На основі цієї моделі можна інтегрувати інформацію, отриману з різних інформаційних джерел та одержувати комплексні оцінки щодо стану об'єктів. Перевагою запропонованої моделі є простота обчислень. Модель може бути в подальшому реалізована на архітектурах SOA та SN платформах розподіленого оброблення, зберігання, управління та координації даних. Для вирішення задач інтегрування різномірної інформації в різних предметних галузях модель потребує адаптації як з точки зору форматів даних, що використовуються, так і з точки зору функціональності сервісів інтегрування.



ЛІТЕРАТУРА:

1. Попов М.А., Марков С.Ю., Кудашев Е.Б. Использование гетерогенной пространственной информации при решении задач устойчивого развития территорий // Инфраструктура спутниковых геоинформационных ресурсов и их интеграция / Сб. науч. Статей под ред. д.т.н. М.А. Попова и д.т.н. Е.Б. Кудашева. – Киев: ООО Карбон-Сервис, 2013. – С. 95 – 104.
2. Merchant J.W., Narumalani S. Integrating Remote Sensing and Geographic Information Systems // The SAGE Handbook of Remote Sensing. SAGE Publications. 2010. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1218&context=natrespapers>
3. Черняк Л. Интеграция данных: синтаксис и семантика // Открытые системы, № 10, 2009. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.osp.ru/os/2009/10/11170978/>
4. Зайцев О.В., Савченко Т.В., Глухов С.І. Модель інтеграції даних від різних інформаційних джерел на основі теорії свідочств // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2013. – Вип. №43 – С.142-145.
5. Романовский Р.К. Элементы теории вероятностей и математической статистики (теория и задачи): учебное пособие. – Омск, 2012. – 189 с.
6. Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases / Daniel Kahneman, et al. — 21st. — Cambridge University Press, 2005. — 555 p.
7. Клир Д. Системология. Автоматизация решения системных задач. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1990. — 544 с.

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**Зербіно Д.Д., Цмоць І.Г.**

*Національний університет «Львівська політехніка»  
79013, Львів, вул. Бандери 12,  
zerbino@polynet.lviv.ua, ivan.tsmots@gmail.com*

**Постановка проблеми.** Енергоефективність характеризує рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленого продукту. Зменшення енерговитрат для технологічних процесів є комплексною проблемою, вирішення якої передбачає розроблення та реалізацію низки системних управлінських рішень як на регіональному рівні, так і на рівні окремих підприємств (організацій, установ). Важливим інструментом підвищення енергоефективності підприємств є використання інтелектуальних інформаційних технологій, які забезпечують мінімізацію використання енергоресурсів шляхом прийняття ефективних управлінських рішень, які гуртуються на результатах опрацювання у реальному часі накопичених даних про технологічний процес. Тому актуальною проблемою є несуперечливе управління складною системою на основі вірної логічної інтерпретації даних, отриманих від давачів (сенсорів).

**Метою доповіді** є обговорення конструктивних ідей, які допоможуть формалізувати математичний апарат для прийняття вірного рішення, яке максимально наближає систему до мети на основі висунутих гіпотез, які підтверджуються або заперечуються неповною інформацією. Можливо, цей же апарат дозволить формалізувати сам процес висунення гіпотез у деякому напрямку, зокрема, в енергетичній сфері.

**Основний матеріал.** З формальної точки зору, інтелектуальні сенсори – це обчислювальні елементи, які дозволяють виділити у зовнішньому середовищі необхідну структуру даних або закономірність між даними, яка піддається логічному аналізу на основі тривалих спостережень та інформації від інших сенсорів.

Електроенергетика, як і інші галузі, вимагає інтелектуального підходу до прийняття рішень. Тому і давачі, які визначають, чи розумно витрачає система електроенергію, повинні бути інтелектуальними. На даний момент концепція забезпечення електроенергією включає різні альтернативні джерела. Це може бути вітряк, дизельний генератор, сонячна батарея, акумулятори, та інші альтернативні джерела електроенергії. Можна розрахувати за деякою вартістю за кіловат-годину кожне джерело дає електроенергію. При тому, вартість залежить від деяких не контрольованих параметрів, навіть від погоди та часу доби.

Для споживача електроенергія повинна поступати в мережу рівномірно, з постійною амплітудою та частотою. Існують ще деякі особливості. Наприклад, якщо зсув фаз між напругою мережі та струмом, який вона споживає буде відрізнятися від нуля, то це приведе лише до розігріву електропроводки, в той час, як двигуни, які спричинили такий зсув фаз, будуть не навантажені.

Інтелект комутаційної системи проявляється у тому, що вона самостійно комутує свої елементи так, щоб кожний постачальник ефективно давав енергію, а кожний споживач – ефективно її витрачав. Рішення про оптимальну комутацію приймається на основі аналізу та зведення в загальну інформаційну картину даних від різних гіпотез: гіпотези про принципи роботи системи, гіпотези про поточний стан системи, гіпотези про майбутній стан системи, гіпотези про наявні ресурси, з рештою, мета функціонування системи також може бути формально представлена як гіпотеза. Гіпотеза кожного типу ґрунтується на твердженнях. Твердження формуються на поняттях, які постачають інтелектуальні сенсори, наприклад:

- якщо мотор крутиться без фізичного навантаження, то його рух можна сповільнювати;
- якщо електроенергія з акумулятора є дорогою, то її можна використовувати лише для корекції зсуву фаз за допомогою спеціальних імпульсних схем;
- якщо деякі елементи мають ємнісний реактивний опір (наприклад, імпульсні блоки живлення), то їх краще комутувати в паралель з двигунами та трансформаторами;
- якщо сонячна електроенергія є дешевою, то краще її використовувати для зарядки акумуляторів;
- якщо вітряк крутиться з частотою, яка наближається до частоти мережі, то в моменти, коли їх фази співпадають, вигідно вітряк комутувати в мережу, а в інші моменти – заряджати акумулятори;
- якщо на вітряку існує декілька обмоток, то для комутації завжди можна знайти таку обмотку, фаза якої максимально співпадає з фазою мережі.

Система тверджень є несуперечливою, якщо не існує такої комбінації станів енергосистеми, яка б привела систему тверджень до суперечки. Для реалізації тверджень достатньо використати найдешевші та розповсюджені мікроконтролери STM-8 (від STMicroelectronics). Якщо в системі є хост-комп'ютер (для збереження статистики, або відображення загальної картини), то для передачі даних від інтелектуального сенсора до хост-комп'ютера можна використовувати високочастотний сигнал (з оптимальною частотою), який розповсюджується по силових лініях електромережі за законами розповсюдження радіохвиль.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ИМПЛАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ

**Карымсакова И.Б.<sup>1</sup>, Денисова Н.Ф.<sup>1</sup>, Крак Ю.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д.Серикбаева,  
Республика Казахстан, 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А.К., 69, indiviki@gmail.com*

<sup>2</sup>*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
01601, Киев, ул. Владимирская 64/13, krak@univ.kiev.ua*

Целью работы является создание технологии исследования геометро-топологических структур имплантов для построения роботизированных систем плазменного напыления биоактивных компонентов. Для этого был проведен анализ современного состояния и развитие технологий создания имплантов для восстановления потерянных или разрушенных частей человека.

На основании проведенного анализа были сформулированы следующие актуальные для этой области исследований проблемы:

- создание базы данных (хранилища данных) существующих и возможных имплантов различных производителей;
- разработка системы классификации имплантов по типу применения и материалах изготовления;
- классификация имплантов по геометро-топологическим размерам составляющих;
- исследование программного обеспечения при построении 3d моделей имплантов для станков с чмсловым программным управлением.

Для решения проблемы плазменного напыления была разработана технологическая модель роботизированного комплекса нанесения плазменного напыления на базе промышленного робота Kawasaki (см. рис.1), которая включает:

- исследование и построение схемы систем плазменного напыления на объекты сложной геометро-топологической структуры;
- классификация имплантов по возможностям нанесения плазменного напыления;
- планирование траекторий движения манипуляционного робота для плазменного напыления;
- разработка и моделирование дополнительных устройств (оснастки) для напыления имплантов сложной формы;
- разработка методов совместного движения робота и оснастки для напыления.

Для разработки информационной технологии и проведения экспериментальных исследований для решения проблемы нанесения плазменного напыления на импланты сложной геометро-топологической формы необходимо решить следующие практические и научные задачи:

- создание системы управления базой данных имплантов с возможностями обновления, записи (удаления) элементов, добавления новых полей и т.д.;
- построение программных траекторий манипуляционного робота для отслеживания поверхности сложной формы на основании решения обратных задач кинематики для промышленного робота Kawasaki;
- проведение экспериментальных исследований для оценки возможностей плазменного напыления поверхности имплантов для различных дополнительных технических устройств.

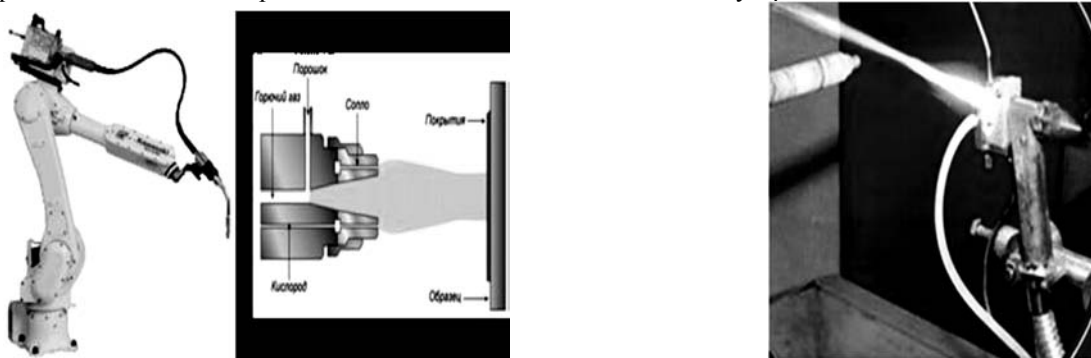


Рис. 1. Система плазменного напыления на базе промышленного робота Kawasaki

Дальнейшие исследования будут направлены на реализацию предложенного подхода к решению проблемы создания имплантов и их покрытия биоактивными элементами.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЖЕСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

<sup>1</sup>Кондратюк С.С., <sup>1,2</sup>Крак Ю.В.

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
01601, Київ, вул. Володимирська 64/13, [krak@univ.kiev.ua](mailto:krak@univ.kiev.ua)

<sup>2</sup>Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України,  
03680, Київ, пр. Академіка Глушкова, 40, [krak@univ.kiev.ua](mailto:krak@univ.kiev.ua)

Жестова комунікація є однією з трьох основних засобів передачі інформації між людьми, доповнюючи символну (текстову) та голосову (мовленнєву) комунікації. Сучасні технічні засоби дозволяють швидко та без обмежень накопичувати інформацію, оброблювати її як у хмарних обчисленнях (модель, що забезпечує повсюдний, зручний доступ за запитом через мережу до віртуального кластеру обчислювальних ресурсів), так і локально на пристрої, та завдяки швидким каналам передачі даних, повертати результати обчислень до користувача. Все це актуально й для жестової мови, для накопичення та відтворення якої тепер доступні різноманітні пристрої та платформи. Авторами запропонована інформаційна технологія для вирішення проблеми моделювання жестових одиниць жестової мови та динамічного відображення жестових конструкцій за допомогою просторової віртуальної моделі руки. Основою запропонованої інформаційної технології є кросплатформеність, за допомогою якої можливий її запуск на множині платформ. Використовується кросплатформена бібліотека libHand для моделювання руки та бібліотека Qt для користувацького інтерфейсу.

Новизна запропонованої технології полягає у кросплатформеності та можливості налаштування рівня деталізації тривимірної моделі руки людини та анімації їх рухів. Було досліджено існуючі кросплатформені програмні засоби для моделювання тривимірних моделей та у якості основної технології для моделювання тривимірної моделі руки та анімації переходу між морфемами було запропоновано кросплатформену бібліотеку libHand. Дана бібліотека дозволяє ефективно відтворювати та деформувати реалістичну модель руки, яка складається з понад 70000 полігонів, у рамках даної технології було розроблено модель руки з 25 ступенями рухливості[1]. У запропонованій технології моделювання жестової мови полігональність руки є параметром, що налаштовується, таким чином, технологію можливо використовувати на малопотужному апаратному забезпеченні.

Запропоновано модуль для модифікації існуючих жестів жестової мови та додавання нових жестів мов інших абеток, та в якості демонстрації додано жести української дактильної абетки. З міркувань

швидкодії та кросплатформеності технологією для користувацького інтерфейсу було запропоновано бібліотеку Qt. Вона надає можливість розробити масштабований та кросплатформений інтерфейс, перевагою якого над існуючими рішеннями є швидкодія та уніфікований вигляд на множині платформ. У випадку, якщо наявне апаратне забезпечення не відповідає мінімальним вимогам інформаційної технології, запропоновано режим роботи, в якому обчислення для відображення та анімації жестів виконуються не на апаратному забезпеченні а через мережу на віддаленому сервері або у хмарних обчислювальних ресурсах, загальну схему роботи запропонованої технології зображено на рис. 1.

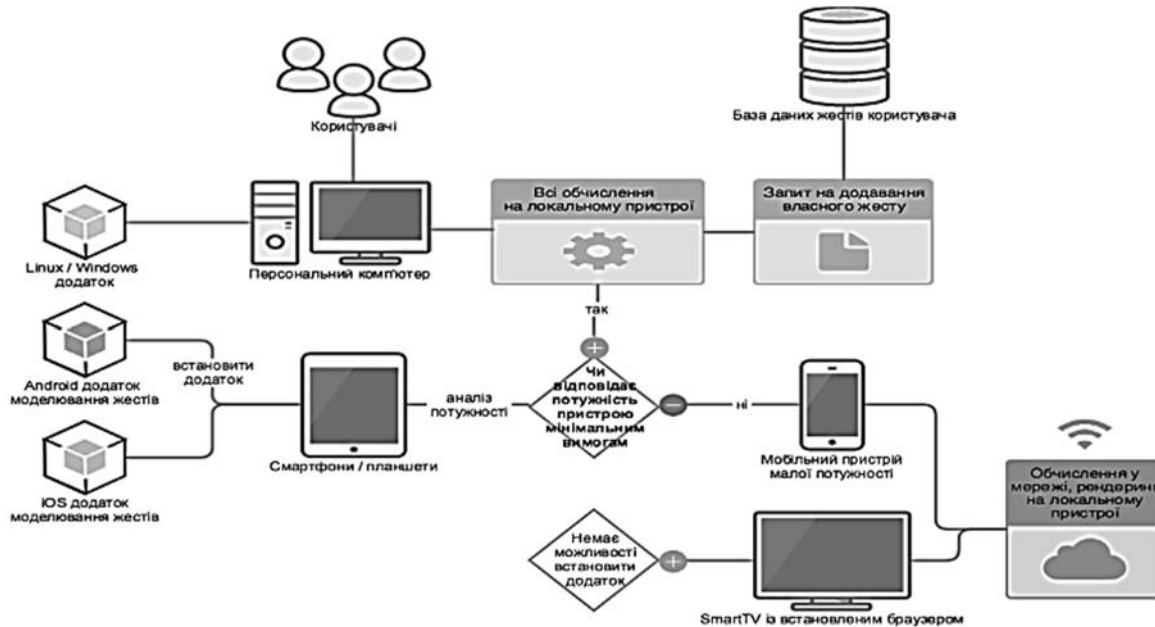


Рис. 1. Загальна схема кросплатформеності та адаптивного запуску інформаційної технології

Інформаційно-комунікаційна технологія розроблялася з можливостями подальшого масштабування як на рівні жестів однієї абетки, так на рівні жестів інших абеток. Для реалізації даної ідеї може бути використано механізм валідації нових жестів до загальної бази даних жестів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Neff M., Kipp M., Albrecht I., Seidel H.-P. Gesture Modeling and Animation by Imitation. MPI-I–2006–4-008, 2006. – 62 p.

### ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ГРАНУЛЮВАННЯ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

Корнієнко Б.Я.

Національний авіаційний університет, 03058, м. Київ, пр. Комарова, 1, bogdanko@gmx.net

Розвиток суспільства у сучасних умовах залежить від розроблення та впровадження енергоефективних екологічно чистих технологій. Застосування техніки псевдозрідження для одержання твердих композитів із заданими властивостями при наявності фазових переходів дозволяє сумістити низку технологічних стадій при термічному коефіцієнті більше 60 %. Тому створення математичних моделей з метою розробки сучасних систем управління процесами у дисперсних системах є актуальною. Протягом останніх десятиліть розроблена велика кількість математичних моделей процесів переносу у дисперсних системах із різним рівнем деталізації.

Розглянуто основні підходи до математичного моделювання процесів переносу у псевдозрідженому шарі, класифікація моделей за типами міжфазної взаємодії, з урахуванням стохастичної і хаотичної гідродинаміки [3].

Розглянуто математичні моделі процесів зневоднення та гранулювання у апаратах із псевдозрідженим шаром, що необхідні для визначення основних параметрів процесів, масштабування апаратів та здійснення подальшого управління процесами. Дослідження здійснювалися для псевдозрідженого шару із висхідним потоком теплоносія та з урахуванням турбулентності у псевдозрідженому шарі. Також використані математичні моделі для швидкого псевдозрідження.

Рання версія двохфазної моделі з була запропонована В. Маєм [4]. Основні припущення: розподіл потоку газу відбувається відповідно до двофазної теорії; передбачається, що потік бульбашок газу перебуває в загальному потоку; бульбашки газу вільні від твердих тіл; структура потоку газу в емульсійній фазі розганяється із загальним потоком; поруватість у фазі емульсії відповідає мінімальним умовам псевдозрідження. Коефіцієнт дисперсії і коефіцієнт масообміну були встановлені на експериментальних дослідах.

Модель Шелла [5] є напівемпіричною моделлю, заснованою на двофазній моделі Дж. Ван Дімтера [6], де зроблено наступні припущення: газова фаза є вільною від твердих частинок, що перебувають у потоці; немає потоку газу через фазу емульсії; змішування емульсії із газовою фазою моделюється за допомогою турбулентної дифузії.

Модель, запропонована Дж. Оркуттом [7], пізніше відтворена Дж. Девідсоном і Д. Харрісоном [1], була однією з перших, де параметри були пов'язані з динамікою газових бульбашок. Вона ґрунтується на наступних припущеннях: розподіл газового потоку відбувається відповідно до двофазної теорії; передбачається, що потік газових бульбашок перебуває в спільному потоку; газові бульбашки не містять твердих тіл; структура потоку газу в щільній фазі - або повністю змішана, або витісняється; поруватість у фазі емульсії відповідає мінімальним умовам псевдозрідження; міжфазний масообмін складається з механізмів проникнення і дифузії.

Модель Партріджа-Роу [8] принципово відрізняється від моделі Оркутта, тому що містить наступні припущення щодо двофазності: потік газових бульбашок визначається двофазною теорією; передбачається, що потік газових бульбашок перебуває у спільному потоці; поруватість у спільному потоці відповідає мінімальним умовам псевдозрідження; структура потоку газу в щільній фазі витісняється; поруватість у фазі емульсії відповідає мінімальним умовам псевдозрідження.

Модель, яка була запропонована Дж. Грейсом [9], спирається на наступних припущеннях: немає чистого вертикального потоку газу в щільну фазу; потік бульбашок газу імовірно витісняється; в застійних зонах щільної фази не відбувається змішування; поруватість у щільній фазі відповідає мінімальним умовам псевдо зрідження; для обчислення масопереносу використовуються напівемпіричні рівняння Грейса. Модель Грейса припускає також наявність твердих тіл в межах фази бульбашок.

Основні припущення моделі, запропоновані Дж. Вертером [10] таким чином: немає чистого вертикального потоку газу в щільну фазу; потік бульбашок газу імовірно витісняється; в застійних зонах щільної фази не відбувається змішування; поруватість в щільній фазі відповідає мінімальні умовам псевдо зрідження.

Модель Като-Вена [11] враховує зміни розміру бульбашок, що супроводжують процес міжфазного переносу. Основні припущення: немає чистого вертикального потоку газу в емульсії; псевдозріджений шар ділиться на  $n$  відсіків, висота цих відсіків дорівнює діаметру бульбашки на відповідній висоті; кожен відсік складається з фази емульсії і хмари фази бульбашки.

Головною особливістю моделі Куній-Левеншпіля [2] є розгляд трьох окремих фаз (тобто бульбашки, хмара та емульсія) і два різні опори між ними. Зроблено наступні припущення: немає чистого вертикального потоку газу у фазі емульсії; шар складається з трьох фаз: бульбашки, хмари та емульсії; розмір хмари розраховується за Дж. Девідсоном [1]; газ в бульбашці ймовірно витісняється; немає зворотного перемішування в емульсії; поруватість в емульсії і хмарі відповідає мінімальним умовам псевдо зрідження.

За результатами досліджень зроблено наступні узагальнення.

Модель Оркутта: ця модель, що допускає поршневий режим потоку в обох фазах, дає непогані результати розподілу профілів концентрації за рахунок врахування міжфазного масообміну. Потребує уточнення параметрів для конкретних експериментальних даних.

Модель Партріджа-Роу: Неврахування двофазної теорії викликало серйозну проблему для цієї моделі. Прогнозована область фази бульбашок перевищує загальну площу шару. Спроби скоригувати газові потоки в фазах не подолали цю проблему повністю.

Модель Като-Вена: Ця модель задовільно передбачає профіль розподілу концентрації в фазі бульбашок, але вона не може спрогнозувати концентрацію в емульсійній фазі і не може спрогнозувати падіння концентрації біля поверхні шару.

Модель Куній-Левеншпіля: Найкращу відповідність було знайдено, застосовуючи цю модель. За допомогою даної моделі вірно спрогнозовано концентрацію в щільній фазі, за рахунок невисокої швидкості міжфазного масообміну. Встановлено, що загальний масообмін в моделі Куній-Левеншпіля обмежений опором між хмарою і емульсією і модель спрощено до двох фаз, об'єднавши фази бульбашки і хмари.

Разом з тим, наведені вище детерміновані математичні моделі можна покращити, застосувавши стохастичний підхід до процесів, що відбуваються в апараті із псевдозрідженим шаром. При моделюванні псевдозрідженого шару стохастичний підхід допускає флуктуації у місцевій гідродинаміці або

міжфазному обміні. При керуванні апаратами із псевдозрідженим шаром більшість параметрів, що вимірюються, виявляють випадкові флуктуації з досить високою амплітудою.

Для математичного моделювання апаратів із псевдозрідженим шаром використовується також хаотична гідродинаміка. Апарати з псевдозрідженим шаром є хаотичними системами. Експериментальні дослідження підтвердили, що локальні ділянки тиску, порожнин та концентрацій мають невпорядковані флуктуації, пов'язані з нелінійною динамікою. Тому за допомогою хаосу можна описати динаміку псевдозрідженого шару та досліджувати процеси у апараті для різних гідродинамічних режимів. Детермінований хаос може виникати у псевдозрідженому шарі в результаті нелінійної взаємодії двох бульбашок [12]. Таким чином можна використовувати хаотичну поведінку псевдозрідженого шару для класичної математичної моделі Ван Дімтера.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Дэвидсон Дж. Псевдооживление / Дж. Дэвидсон, Д. Харрисон. - М.: Химия, 1973. - 725 с.
2. Куний Д. Промышленное псевдооживление / Д. Куний, О. Левеншпиль пер. с англ. - М.: Химия, 1976. - 448 с.
3. Корнієнко Б.Я. Особливості моделювання процесів переносу у дисперсних системах / Б.Я. Корнієнко // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2011. - № 2(8). - С. 5-9.
4. May W.G. Fluidized-Bed Reactor Studies/ W.G. May // Chemical engineering progress. – 1959. - Vol. 55, N. 12. - P. 49-56.
5. de Vries, R.J. Design criteria and performance of the commercial reactor for the Shell chlorine process / R.J. de Vries, W.P.M. van Swaaij, C. Mantovani, A. Heijkoop // Proceedigs of 5th European Symposium on Chemical Reaction Engineering, - Amsterdam, Elsevier Publ. Corp., 1972. - P. B9-59- B9-69.
6. van Deemter J.J. In fluidization / J.J. van Deemter, A.A.H. Drinkenburg (Ed.) // Netherlands University Press, Amsterdam, Netherlands, 1967. - P. 334-347.
7. Orcutt J.C. Reaction time distribution in fluidized catalytic reactors / J.C. Orcutt, J.F. Davidson, R.L. Pigford // Chemical engineering progress symposium series. - 1962. - Vol. 58, No. 38. - P. 1-15.
8. Partridge B.A. Chemical reaction in a bubbling gas-fluidised bed / B.A. Partridge, P.N. Rowe // Transactions of the Institution of Chemical Engineers. - 1966. - Vol. 44. - P. 335-348.
9. Grace J.R. Fluidized beds as chemical reactors, in gas fluidization technology / J.R. Geldart // John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, 1986. - 428 p.
10. Werther J. Mathematical modeling of fluidized bed reactors / J. Werther // International chemical engineering. -1980. - Vol. 20. - P. 529-541.
11. Kato K. Bubble assemblage model for fluidized bed catalytic reactors / K. Kato, C.Y. Wen // Chemical Engineering Science. -1969. - Vol. 24. - P. 1351-1369.
12. Корнієнко Б.Я. Інформаційні технології оптимального управління виробництвом мінеральних добрив : монографія / Б.Я. Корнієнко. – К.: Вид-во Аграр Медіа Груп, 2014. – 288 с.

### МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

**Коробчинський М.В.**

*Воєнно-дипломатична академія ім. Є. Березняка, м. Київ,  
maks\_kor@ukr.net*

**Вступ.** Сучасна наука не стоїть осторонь від розвитку озброєння і військової техніки, особливо, коли йдеться про створення сучасної мобільної високоорганізованої армії, яка повинна негайно реагувати на будь-які загрози, що можуть виникнути у будь-який час. Обороздатність держави і високий потенціал наших ЗС України можна забезпечити за рахунок використання новітніх інформаційних технологій, обчислювального інтелекту, робототехніки тощо. В цьому напрямку актуальним є розробка дистанційних літальних апаратів (ДКЛА) та систем управління ними. Однією із складних проблем є управління групою автономних розподілених рухомих об'єктів (наприклад, ДКЛА).

Для реалізації такої системи управління необхідно чітко сформулювати вимоги, критерії і задачі, які повинні виконувати ДКЛА військового призначення. Однак, для заощадження ресурсів країни дані рухомі об'єкти можна використовувати і в сфері національної економіки України. Наприклад, замінивши суто військові компоненти рухомих об'єктів на цивільні.

**Виклад основного матеріалу.** Розподілені рухомі системи відносяться до складних об'єктів, управління якими не може бути реалізоване на основі одного, або кількох окремо взятих методів [1 – 9]. В силу різноманітності ситуацій, в яких може опинитися така система, управління об'єктами, що її складають, повинно ґрунтуватися на методах, в рамках яких є можливим використовувати різні підходи, в залежності від особливостей поточних ситуацій. Особливості даних ситуацій у більшості випадках характеризуються наявністю невизначеності параметрів, що характеризують відповідну ситуацію, або, як прийнято в теорії управління, будемо говорити про невизначеність стану управління; невизначеністю локальної цілі управління окремими фрагментами системи; невизначеністю характеру взаємодії окремих підсистем з іншими підсистемами, оскільки приймається, що розподілена рухома система має певну структуру або щонайменше описується в рамках деякої файлової структури чи схеми; невизначеністю у перетвореннях, які необхідно реалізовувати на окремому етапі реалізації управління процесом; особливістю, яка полягає у виникненні необхідності змінювати спосіб організації об'єктів системи в рамках підсистем, чи системи в цілому.

Однією з нових особливостей розподіленої рухомої системи (*RRS*) є необхідність реалізації поточних елементів процесу управління і, як наслідок, процесу функціонування *RRS*, незалежно від того, чи існує можливість використання тих, чи інших факторів, що повинні приймати участь у реалізації процесів управління. Наявність невизначеності параметрів та необхідність продовжувати розв'язок задачі приводить до використання процесів адаптації окремих рухомих об'єктів ( $RO_i$ ) і процесів, які останні використовують. В класичному розумінні, адаптація представляє собою досить ефективну процедуру розв'язку проблеми, коли не має необхідних даних, а процес функціонування  $RO_i$  необхідно продовжувати. В більшості випадків адаптація може реалізовуватися конструктивно ефективними методами, коли адаптуватися необхідно по одному або кількох параметрах, кількість яких не перевищує певної величини [5, 6, 9].

Особливість, яка полягає у виникненні факторів, що протидіють функціонуванню  $RO_i$ , вимагає від системи в цілому формування додаткових умов реалізації процесу функціонування  $RO_i$ . Для цього, система управління повинна сформулювати нову ціль, яка полягає у визначенні параметрів, що характеризують відповідний фактор. Очевидно, що в рамках предметної області інтерпретації  $W_i$ , в якій функціонує *RRS*, повинна існувати інформація про фактори, що могли б протидіяти функціонуванню  $RO_i$ . Тому, ці фактори в тій мірі, в якій вони представлені в  $W_i$ , враховуються при формуванні моделі процесу розв'язку задач. Але особливість протидії тим, чи іншим подіям, що відбуваються в деякому середовищі, полягає в тому, що відповідні фактори можуть модифікуватися, як з точки зору своїх параметрів, так і з точки зору своїх функціональних можливостей.

Проаналізовані фактори і особливості системи типу *RRS*, визначають необхідність створення систем управління компонентами, елементами, об'єктами і засоби *RRS*. Для процесу управління даною системою є характерним відображення еволюційних процесів. Вони базуються на основі використання таких засобів, які поєднують в собі: можливість формування управляючих дій з врахуванням даних про історію функціонування; засоби оперування з недостатньо точно визначеними величинами; забезпеченість високого рівня адаптивності; можливість оцінювати тенденцію змін у процесах функціонування систем типу *RRS*.

Завдяки цьому, існує можливість задати і забезпечити необхідні значення параметрам, які характеризуються надійністю, стійкістю, керованістю, безпекою по відношенню до впливу на систему негативних факторів і цілий ряд інших загальних параметрів, які є характерними для систем типу *RRS*.

Для використання еволюційної моделі в процесі управління, необхідно визначити наступні фактори:

- можливість формування управляючих дій з врахуванням даних про історію функціонування;
- визначити місце еволюційної моделі (*ME*) в рамках загальної структури інформаційної системи управління;
- визначитися з засобами, що формують *ME*, що полягає у інтерпретації компонент генетичних алгоритмів та у визначенні засобів опису функцій, що обслуговують генетичні алгоритми;
- визначити методи оцінки процесу еволюції системи управління та інтерпретацію оцінки в  $W_i$ .

Відмінність еволюційних принципів від детерміністичних полягає у тому, що для реалізації чергового кроку функціонування детерміністичного алгоритму, проводиться аналіз даних попереднього кроку, які є достатньо точно визначеними і тому черговий крок також є визначеним. У нашому випадку необхідно застосовувати еволюційні процеси. Тому, що для реалізації кроку алгоритму використовують аналіз сукупності даних, які організовані у популяцію, аналіз проводять шляхом певної оцінки всієї популяції і в результаті отримують відповідну сукупність даних у вигляді нової популяції. Відмінність

еволюційних алгоритмів, від алгоритмів, що ґрунтуються на використанні ймовірнісних методів полягає у тому, що останні проводять аналіз сукупності випадкових величин, структура яких є простою та на основі різних методик оцінки випадкових процесів формується певний результат цього аналізу, який в більшості випадків представляє собою оцінку, або різні параметри ймовірнісних величин. В результаті дії еволюційного алгоритму отримуємо певну нову сукупність елементів, що складають популяцію.

Для визначення засобів, що формують еволюційну модель, необхідно сформулювати інтерпретацію для елементів, що використовуються в рамках генетичних алгоритмів. Прийmemo, що окрема хромосома описує один з  $RO_i$ . Відповідна хромосома  $hr_i$  представляє собою сукупність сталих функціональних параметрів, що описуються генами  $gn_i$ . Кожний з параметрів відповідає характеристиці, що ідентифікує відповідну апаратуру, якою комплектується  $RO_i$ . Наприклад, до такої апаратури може відноситися системи навігації, управління рухом, орієнтації та інші компоненти, що в залежності від особливостей предметної області інтерпретації, можуть визначатися як постійним або мінімально необхідним обладнанням. Формально, відповідна хромосома записується у вигляді:  $hr_i = \{gn_i * \dots * gn_k\}$ . На відміну від традиційних підходів, у нашому випадку, в одній популяції  $P_i = \{hr_{i1}, \dots, hr_{ik}\}$  різні хромосоми можуть мати різну кількість генів.

Оскільки будь який зв'язок описується функціями, то один з генів є аргументом при поглинанні  $gn_j(x_j) \subset gn_i(x_i)$ , а другий є функцією від цього аргументу. В даному випадку,  $gn_i(x_i) = f[gn_j(x_j)]$ . Випадок, коли  $f[gn_j(x_j)]$  є симетричною, або існує деяка  $f^*$ , для якої має місце  $gn_j(x_j) = f[gn_i(x_i)]$ . Тому, операція мутації буде полягати у зміні значення параметра, що описується геном, на деяку величину, або  $M[gn_j(x_j)] = gn_i(x_i^*)$ . Очевидно, що така зміна може приводити до того, що  $x_j^* = 0$ .

Операція схрещування ( $sh$ ), яка є однією з базових у генетичних операціях, у нашому випадку для системи  $RRS$  має досить натуральну інтерпретацію. Вона полягає у наступному.

Схрещування передбачає заміну частини однієї хромосоми відповідною частиною іншої хромосоми. Пари хромосом для проведення операції  $sh$ , вибираються на основі певних функцій оцінки. На основі інших обслуговуючих функцій, вибираються місця розподілу хромосоми на дві частини, які підлягають обміну. З точки зору предметної області інтерпретації  $W_i$ , це означає, що частина параметрів, які характеризують те чи інше обладнання одного  $RO_i$  переноситься на інше  $RO_j$  і навпаки. Завдяки цьому,  $RO_j$  з оновленим комплектом обладнання набирає нові функціональні можливості. У  $RO_i$ , який був обладнаний компонентами з  $RO_j$  набуває у поєднанні з частиною обладнання, яке у ньому залишилося, нових можливостей, які по відношенню до відповідних обслуговуючих операцій селекції ( $Se$ ) функцій, можуть бути менш актуальними з точки зору задач, які розв'язуються на інтервалі  $\Delta t_i$ .

Особливості інтерпретації операції селекції  $Se$  в предметній області  $W_i$  є те, що хромосома  $hr_i$ , яка не попадає в популяцію  $P_{i+1}$ , при інтерпретації останніх у  $RRS$ , означає, що  $RO_i$ , який відповідає  $hr_i$ , переобладнується таким чином, щоб він по складу своїх генів відповідав хромосомі  $hr_j$ , яку у відповідності з функцією, яка обслуговує  $Se(hr_{i1}, \dots, hr_{ik})$ , вибрані відповідні хромосоми. Таким чином,  $RO_i$  при операції  $Se(P_i)$  не виключається, а переобладнується під вибрану  $hr_j$ . Другою особливістю використання еволюційних алгоритмів для опису процесів, що можуть відбуватися в  $RRS$ , є можливість знищення окремих  $RO_i$ , що з приводить до елімінації з  $P_i$  окремих  $hr_i$ .

**Висновок.** Оскільки, для побудови системи управління використовуються еволюційні моделі, то досліджуються особливості цих моделей, які обумовлені їх використанням для побудови системи управління рухомими об'єктами. Прикладом такої особливості є можливість елімінації з популяцій окремих хромосом, які представляють собою окремі рухомі об'єкти.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гренадер У., Фрайбентер В. Краткий курс вычислительной вероятности и статистики. М.: Наука, 1978. – 320 с.
2. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечётких и гибридных систем. М.: Финансы и статистика, 2004. – 280 с.
3. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика. М.: Физматлит, 2000. – 430 с.
4. Пьере-Гро Н. Введение в теорию интертекстуальности. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 219 с.



5. Korobchynskiy M. Construction method of optimal control system of a group of unmanned aerial vehicles / M. Korobchynskiy, O. Mashkov // Informatyka, automatyka, pomiary w gospodarce i ochronie środowiska. – Lublin: Centrum Innowacji i Transferu Technologii Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego, 2014, nr 1. – P.41–43.
6. Коробчинський М.В. Можливості використання еволюційних моделей в системах управління розподіленими об'єктами розвідки / М.В. Коробчинський // Вісник ВДА. – 2013. – №32. – С. 25-29.
7. Коробчинський М.В. Методика експертного оцінювання інтегрованих інформаційно-аналітичних систем розвідки / М.В. Коробчинський, Зайцев О.В., Попов М.О. // Зб. наук. праць “Вісник ВДА”. – К.: ВДА МО України, 2016. – №43. – С. 80 – 84.
8. Коробчинський М.В. Аналіз загроз, що впливають на інформаційну безпеку системи управління рухомими об'єктами розвідки / М.В. Коробчинський, Стефанцев С.С., Крюков М.П. // Зб. наук. праць “Вісник ВДА”. – К.: ВДА МО України, 2016. – №41. – С. 38 – 43.
9. Коробчинський М.В. Синтез компонентів інформаційної розподіленої системи управління динамічними об'єктами / М.В. Коробчинський // Збірник наукових праць “Комп'ютерні технології друкарства” – Львів : Українська академія друкарства, 2015. – № 33. – С.3-9.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НОСИТЕЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСТАРТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Крылов В.Н., Щербакова Г.Ю., Логвинов О.В.

Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина  
Galina\_onpu@mail.ru

Значительное число современных информационных технологий применяет вейвлет-преобразование (ВП). Это актуально и при анализе нестационарных периодических сигналов (результатов измерений) с шумами регистрации и передачи по линиям связи. Разложение исследуемого сигнала проводят по набору вейвлет-функций (ВФ). Эти ВФ являются результатом сдвига по времени и изменения масштаба исходной ВФ. Такой подход позволяет выявлять координаты экстремумов, например, при анализе сигналов электрокардиограмм. Традиционное определение координат экстремумов по значению производных отличается низкой помехоустойчивостью [1]. Для поиска экстремума зашумленных полимодальных функций разработан метод мультистартовой оптимизации с ВП (МОВП), помехоустойчивость которого доказана авторами [1]. В работе предлагается алгоритм выбора длины носителя ВФ при нестационарном периоде между экстремумами, позволяющий применить МОВП для анализа периодических сигналов. В МОВП координату экстремума оценивают как

$$c[n] = c[n-1] - \gamma[n] WT_k(Q(x[n], c[n-1])), \quad (1)$$

где  $\gamma[n]$  – шаг;  $n$  – номер итерации;  $k$  – номер старта;  $WT_k(Q(x[n], c[n-1])) = \{G_{1k}, \dots, G_{Nk}\}$  – определяет направление движения к экстремуму;  $s_k$  – длина носителя ВФ;  $a$  – шаг дискретизации ВФ;

$$G_{jk} = \frac{1}{s_k} \sum_{\substack{i=-\frac{s_k}{2} \\ i \neq 0}}^{\frac{s_k}{2}} Q(x[n], c_j + ia) \cdot \Psi_k(i) - \text{результат обработки по } j\text{-ой переменной; } \Psi_k(i) - \text{ВФ Хаара на } k\text{-}$$

ом старте;  $j = 1, \dots, N$  – размерность вектора параметров.

Основные этапы метода МОВП описаны в [1]. В исходных данных задают дополнительно:  $\Delta_s$  – шаг изменения длины носителя ВФ  $\Psi_1(i)$ ;  $A_1$  – пороговое значение амплитуды экстремума;  $\Delta R$  – начальное приближение к длительности интервала между экстремумами. Длина носителя ВФ определяется по алгоритму: значение  $Q(x, c^*)$  сравнивается с  $A_1$ ; если  $Q(x, c^*) \geq A_1$ , регистрируется координата экстремума периода и его координата; при  $s_k \leq \frac{\Delta R}{2}$  длина носителя ВФ  $s_{k+1} = s_k + \Delta_s$ ; при  $s_k > \frac{\Delta R}{2}$  длина носителя ВФ для следующего периода определяется как  $s_1$ .

Разработанный алгоритм был исследован при анализе сигналов из MIT/BIH Arrhythmia Database [2]. Относительные погрешности при определении составили: для координат R-пиков не более 1,4%, для длительности интервалов между ними - не более 2,4%; при исследовании помехоустойчивости

относительная погрешность определения длительности интервалов - менее 4% при отношении сигнал/шум по амплитуде 20...10.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Крылов, В. Н. Иерархический субградиентный итеративный метод оптимизации в пространстве вейвлет-преобразования / В. Н. Крылов, Г. Ю. Щербакова // Электроника и связь. – 2008. – № 6 (47). – С. 28 – 31.
2. MIT/ВН Arrhythmia Database. Available from: <http://physionet.org/physiobank/database/mitdb/>.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ

Ладієва Л.Р., Довбня С.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», просп. Перемоги, 37, м. Київ,  
serg.dovbnya@gmail.com

У зв'язку зі зміною способу життя, підвищенням економічної діяльності, а також забрудненням, що ускладнюють використання запасів прісної води може виникнути серйозна нестача води. Опріснення солоної води набуває все більшого значення не тільки для підтримки промисловості, але і для підтримки життєдіяльності. Для видалення надлишку солей і мінералів з морської води або солоної води широко застосовують процес зворотного осмосу. Альтернативою для існуючих технологій може стати мембранна дистиляція, для якої характерні низькі експлуатаційні витрати [1,2].

Розроблена математична модель динаміки процесу мембранної дистиляції. В процесі розділення основним елементом є гідрофобна полімерна мембрана, яка представляє селективний бар'єр, крізь який проходять пари розчинника, і не пропускає розчин солей. Мембранна дистиляція відбувається при атмосферному тиску і температурі розчину 60-80 °С. Рушійною силою процесу є різниця температур розчину і охолоджуючої води. Дифузія в порах мембрани відрізняється від дифузії у вільному середовищі. Дифузійне перенесення водяної пари у капілярнопоруватому середовищі характеризується трьома режимами течії: вільномолекулярним, кнудсенівським і перехідним. Режим течії визначає співвідношення середньої довжини вільного пробігу молекули і діаметра пор. Водяна пара проходить через мембрану і конденсується на поверхні, яка ззовні охолоджується. Це дозволяє отримати чисту воду.

При створенні математичної моделі прийняті наступні припущення:

1. мембрана ідеальна, тобто гідрофобна з однаковим радіусом пор та непошкодженим селективним шаром;
2. не враховано вплив температурної та концентраційної поляризації;
3. неврахована зміна температури та концентрації вздовж каналів мембранного модуля;
4. ємність мембрани не розглядалася, враховуючи її товщину у порівнянні з висотою каналів розчину та дистиляту.

В зв'язку з тим, що зміна температури розчину по довжині каналу мембранного модуля складає декілька градусів, для керування мембранним модулем (ММ) розглядається як об'єкт з зосередженими параметрами, який складається з теплових ємностей: канал розчину, канал чистої води і канал охолоджуючої води. Математичний опис ММ складається на основі енергетичних потоків процесу. Записавши для всіх ємностей відповідні рівняння, отримали математичний опис динаміки об'єкту у вигляді системи рівнянь.

$$G_{p_0} C_{p_0} \Theta_{p_0} - k_1 F_n (\Theta_{p_k} - \Theta_{пк}) - IFr - G_{p_k} C_{p_k} \Theta_{p_k} = V_p \rho_p C_p \frac{d\Theta_{p_k}}{dt}, \quad (1)$$

$$k_1 F_n (\Theta_{p_k} - \Theta_{пк}) + IFr - k_2 F_2 (\Theta_{пк} - \Theta_{хлк}) = V_n \rho_n C_n \frac{d\Theta_n}{dt}, \quad (2)$$

$$G_{x_{л0}} (C_{x_{л0}} \Theta_{x_{л0}} - C_{x_{лк}} \Theta_{x_{лк}}) + k_2 F_2 (\Theta_{пк} - \Theta_{хлк}) = V_{x_{л}} \rho_{x_{л}} C_{x_{л}} \frac{d\Theta_{x_{лк}}}{dt}, \quad (3)$$

де  $G_{p_0}$  - витрата розчину солі на вході в ММ, кг/с;  $\rho_p$  - густина розчину на виході з ММ, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{p_0}$ ,  $C_{p_k}$  - теплоємність розчину на вході і на виході з ММ, Дж/(кг·К);  $\Theta_{p_0}$  - температура розчину солі на вході в ММ, К;  $\Theta_{p_k}$ ,  $\Theta_{пк}$  - температура розчину і дистиляту на виході з ММ, К;  $k_1$  - коефіцієнт теплопередачі від розчину до чистої води, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $k_2$  - коефіцієнт теплопередачі від хладагенту до чистої води, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F$  - площа мембрани, м<sup>2</sup>;  $I$  - питомий масовий потік пари, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $r$  - питома теплота пароутворення, Дж/кг;  $G_{x_{л0}}$  - витрата хладагенту на вході в ММ, кг/с;  $\rho_{x_{л}}$  - густина дистиляту, кг/м<sup>3</sup>;  $C_{x_{л0}}$  - температура охолоджуючої води на вході в ММ, К.

Випарований розчинник переноситься в порах мембрани, за приймаючою стороною мембрани конденсується на поверхні, що охолоджується. Для обчислення питомого масового потоку пари використали співвідношення для випадку молекулярної дифузії. Отримали перехідні процеси за каналами: «вхідна температура розчину – температура розчину на виході з ММ», «витрати охолоджуючої води – температура розчину на виході з ММ».

Створена математична модель динаміки процесу мембранної дистиляції з метою розробки системи керування.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Брык М. Т. Мембранная дистиляция / М. Т. Брык , Р. Р. Нигматуллин // Успехи химии. – 1994. – №12(63). – С. 1114 – 1129.
2. M.M.a. Shirazi, A. Kargari, M.J.a. Shirazi, Direct contact membrane distillation for seawater desalination, Desalin. Water Treat. 49 (1–3) (Nov. 2012) 368–375.

### МЕТОД ІНТЕГРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ТУРИЗМУ ЗГІДНО ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧА

Литвин В.В.<sup>1</sup>, Наум О.М.<sup>2</sup>, Висоцька В.А.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна,  
Ivasyl.v.lytvyn@lpnu.ua, Zvictoria.a.vysotska@lpnu.ua

<sup>2</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,  
вул. І. Франка, 24, м. Дрогобич, 82100,  
Україна, oleh.naum@gmail.com

Сьогодні, існує достатньо багато інформаційних ресурсів із найрізноманітнішим контентом. Проте, значна частина з них є досить незручною у плані юзабіліті, інша – недостатньо інформаційно наповнена і не завжди вчасно оновлена. Наприклад, користувач-турист зацікавлений в щотижневому оновленні розкладу автобусів та їх номерів. Також необхідно додати зручні фільтри пошуку для користувача, тоді достовірні інформація і зручний інтерфейс буде запорукою неодноразового повернення користувача на такий інформаційний ресурс. Враховуючи те, що Інтернет надає можливість людям легко спілкуватись та публікувати свої матеріали, тема побудови інформаційної системи (ІС), яка міститиме всю необхідну інформацію про певне місто, є досить актуальною [1-3]. Мета роботи полягає у створенні методу інтеграції та управління різним контентом з різних джерел в одній ІС, яка міститиме всю необхідну інформацію по певному місту згідно потреб кінцевого користувача-туриста. Процес інтеграції та управління різноманітним контентом має базуватися на технологіях опрацювання інформаційних ресурсів в Інтернет [1-3]. Практична цінність роботи – створення єдиної інформаційної бази, яка дозволить знайти та надати потрібний контент про міста України. Така система дозволить користувачам-туристам через єдиний інформаційний ресурс спостерігати за погодою за певний час, ознайомлюватися з розкладом громадського транспорту, переглядати афішу кінофільмів в кінотеатрах, новини, переглядати довідники наявних телефонів, каталог ресторанів, все про туризм, фото міста, пам'ятники, адреси закладів тощо. ІС виступає як каталог з інтегрованим контентом, оформленим у вигляді довідника кожного окремого інформаційного ресурсу згідно вподобань та зацікавлень кінцевого користувача-туриста, а також його потреб та вимог. Web-система міських сайтів складається з підсайтів, об'єднаних в мережу. Вона побудована в сучасному стилі з необхідним функціоналом, оптимізована під пошукові системи та сервіси, розподілена по серверах. Модель такої Web-системи подамо як

$$W = \langle X, C, T, H, S, U, Q, Y, \alpha, \beta \rangle, \quad (1)$$

де  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – вхідні інтегровані дані з різних інформаційних ресурсів;  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  – сформований контент (інформаційне наповнення, новини, статті, ресторани тощо);  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_l\}$  – часовий показник актуальності сформованого контенту для підтримки його релевантності;  $H = \{h_1, h_2, \dots, h_p\}$  – список класифікованих URL інформаційних ресурсів, звідки інтегруються дані;  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$  – соціальний контент (результати ведення груп у соціальних мережах, репости записів тощо);  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_r\}$  – UGC або результати генерування контенту за допомогою користувачів (можливість користувачам додавати контент на сайт через промодерацію, а також коментарі без промодерації);  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_w\}$  – запити користувачів Web-системи необхідного контенту;

$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_f\}$  – релевантний контент як результат запитів користувачів системи;  $\alpha$  – процес інтеграції необхідного контенту з різних джерел інформації;  $\beta$  – процес управління контентом для формування списків релевантного контенту згідно запитів користувачів Web-системи.

Формування списку релевантного контенту прямо пропорційно залежить від грамотно побудованих правил інтеграції даних з різних джерел  $Y = \beta \circ \alpha$  (фільтрації, виділення спаму та дублювання, класифікації тощо), тобто

$$Y = \beta(Q, C, S, U, \alpha(X, H, T)) . \quad (2)$$

Процес інтеграції даних з різних джерел подамо суперпозицією функцій

$$C = \alpha(X, H, T) = \alpha_7 \circ \alpha_6 \circ \alpha_5 \circ \alpha_4 \circ \alpha_3 \circ \alpha_2 \circ \alpha_1 , \quad (3)$$

де  $\alpha_1$  – збір даних з різних джерел, наперед визначених модератором системи;  $\alpha_2$  – фільтрація зібраних даних (розбиття контенту на два масиви розпізнаного/нерозпізнаного, або ідентифікованого/не ідентифікованого, з першим працює далі система, з іншим – модератор);  $\alpha_3$  – виділення спаму та його ліквідація (перевірка зі словниками фільтрів за заблокованих лінгвістичних змінних);  $\alpha_4$  – виділення дублювання та його ліквідація (перевірка з наявним контентом в базі даних);  $\alpha_5$  – форматування даних згідно вимог, закладених саме в конкретну Web-систему (найчастіше – в XML-формат);  $\alpha_6$  – загальна класифікація (наприклад, контент типу ресторації, проживання, локації, туризм, довідка та інше), при необхідності детальна класифікація (наприклад, для контенту типу ресторації – кав’ярні, кафе, бари, паби, ресторани, піцерії, бістро, клуби, коворкінг, тайм-клуби, табл. 1) та збереження відповідних даних;  $\alpha_7$  – відображення нових даних на інформаційному ресурсі Web-системи.

Таблиця 1

Вміст ІС «Мережі міських сайтів»

Пакет	Складові	Опис
Функціонал сайту	UGC	Контент, створений користувачами
	Соціальна складова	Можливість швидкого розповсюдження через соц. мережі
	Ресторації	Розділ сайту з описом закладів в місті
	Проживання	Розділ сайту зі списком готелів, мотелів тощо
	Локації	Список закладів, які відносяться до культури і мистецтва
	Туризм	Інформація для туристів міста
	Довідка	Інформаційний каталог закладів, організацій по місту
	Інше	Різне, що не увійшло в загальні категорії
Ресторації	Кав’ярні	Список кав’ярень в місті та їх ціни
	Кафе/бари	Каталог кафе і барів в місті та їх ціни
	Паби	Список пабів в місті
	Ресторани	Каталог інформації про ресторани міста, меню, столики
	Піцерії/бістро	Каталог піцерій в місті та їх доставка, години роботи
	Клуби	Список клубів та їх час роботи, опис тощо
	Коворкінг/Тайм-клуби	Каталог клубів, їх час роботи, ціна, опис
Проживання	Готелі	Каталог готелів, ціни, розташування
	Мотелі	Список мотелів, ціни, розташування
	Хостели	Список хостелів, ціни, розташування
Локації	Музеї	Список музеїв міста, розташування, години роботи
	Театри	Список театрів міста, афіша, розташування
	Галереї	Розташування галерей в місті, години роботи
	Кінотеатри	Розташування в місті, години роботи, афіша
	Концертні-зали	Години роботи, розташування, ціна
	Спортивні заклади	Години роботи, вид закладу, ціна
	Активний відпочинок	Вид відпочинку, опис його
	Визначні місця	Пам’ятники, скульптури тощо

Пакет	Складові	Опис
Туризм	Туристичні фірми	Каталог фірм та їх розташування
	Консульства	Години роботи, розташування
	Центр туристичної інформації	Розташування, години роботи
Довідка	Карта міста	Карта міста та позначення на карті з розділів

Процес управління контентом Web-системи подамо суперпозицією

$$Y = \beta_6 \circ \beta_5 \circ \beta_4 \circ \beta_3 \circ \beta_2 \circ \beta_1, \quad (4)$$

де  $\beta_1$  – функція опрацювання запиту користувача (ідентифікація, тобто спам/не спам, при не спамі збереження (для подальшого аналізу статистики звернень та пошуку), при спамі збереження запиту для подальшого аналізу модератором, виділення слів-маркерів (класифікаційних лінгвістичних змінних, при наявності нових слів збереження останніх для аналізу модератором) та класифікація, тобто до якої рубрики контенту належить (наприклад, пошук ресторації, табл. 1);  $\beta_2$  – вибірка даних з бази даних Web-системи згідно визначених в запиті слів-маркерів та формування списку-відповіді релевантного контенту;  $\beta_3$  – сортування релевантного контенту перед відображенням за певними критеріями (частота перегляду, час читання, для зареєстрованого користувача врахування його вподобань тощо);  $\beta_4$  – відображення відсортованого релевантного контенту;  $\beta_5$  – збір та збереження статистичних даних щодо роботи користувача з відображеним релевантним користувачем (який контент переглянув, час читання цього контенту, час перегляду списку контенту, відмова перегляду);  $\beta_6$  – перерахунок історії контенту, згідно останніх статистичних даних маніпуляцій користувача Web-системи.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Methods based on ontologies for information resources processing : Monograph / [V. Lytvyn, V. Vysotska, L. Chygun, D. Dosyn] // LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany. - 2016. - 324 с.
2. Берко А.Ю. Системи електронної контент-комерції: монографія / А.Ю. Берко, В.А. Висоцька, В.В. Пасічник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 612 с.
3. Математична лінгвістика. [Книга 1. Квантитативна лінгвістика] / [В. Пасічник, Ю. Щербина, В. Висоцька, Т. Шестакевич] // Серія «Комп'ютинг». – Львів : «Новий світ -2000», 2012. — 359 с.

### ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕРМОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Малець І.О.<sup>1</sup>, Малець Р.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35, E-mail: igor.malets@gmail.com

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1,

Дослідження тонкостінних елементів інженерних конструкцій, складових приладів радіо- та мікроелектроніки становлять в одне із чільних завдань для різноманітних застосувань медицини, машинобудування, безпеки життєдіяльності тощо. Тому побудова моделей та аналіз стану і поведінки тонкостінних гнучких тіл під дією температурного, електромагнітного, силового поля є важливою та актуальною проблемою математичного та комп'ютерного моделювання [1]. Дослідження температурного поля, квазістатичного термопружного стану, визначення динамічної поведінки, зумовленої зміною температури та силових навантажень, потребує як з точки зору теорії так і практики подальшого розвитку існуючих і розробки нових підходів до вирішення даних задач.

У даному дослідженні методика зменшення розмірності задач, апробована на задачах теплопровідності і квазістатичної термопружності, поширена на динамічні задачі зв'язаної термопружності для тонкостінних в'язкопружних тіл з короткочасною пам'яттю. Результати полягають у наступному:

1. За допущення щодо лінійної залежності переміщень та температури за змінною товщини і використання часткової дискретизації Гальоркіна сформульовано еволюційну варіаційну задачу зв'язаної термопружності в термінах усереднених характеристик температури та пружних зміщень і кутів поворотів серединної поверхні цього тіла.

2. Встановлено, що одержана модель термопружності успадковує притаманне процесам термопружності рівняння балансу енергії і подано конструктивне доведення існування та єдиності розв'язку одержаної варіаційної задачі зменшеної вимірності.

Для визначення векторів розвинень переміщень  $\mathbf{s} = (\mathbf{s}_1(\mathbf{a}, t), \mathbf{s}_2(\mathbf{a}, t))$  та температури  $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1(\mathbf{a}, t), \theta_2(\mathbf{a}, t))$  отримано частково дискретизовану задачу вигляду:

$$\begin{cases} \text{задано } \mathbf{s}_0 \in W_h, \mathbf{v}_0 \in \mathbf{H}, \boldsymbol{\theta}_0, \mathbf{g} \in \mathbf{Z}, \mathbf{f} \in \mathbf{H}; \\ \text{знайти } \boldsymbol{\Psi} = \{\mathbf{s}, \boldsymbol{\theta}\} \in L^2(0, T; W_h \times Q_h) \text{ такі, що} \\ m_{\Omega}(\mathbf{s}''(t), \mathbf{v}) + a_{\Omega}(\mathbf{s}'(t), \mathbf{v}) + c_{\Omega}(\mathbf{s}(t), \mathbf{v}) - b_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}(t), \mathbf{v}) = m_{\Omega}(\mathbf{f}(t), \mathbf{v}) - \langle l(t), \mathbf{v} \rangle, \\ \Xi_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}'(t), \boldsymbol{\xi}) + \Lambda_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}(t), \boldsymbol{\xi}) + b_{\Omega}(\boldsymbol{\xi}, \mathbf{s}'(t)) = \Xi_{\Omega}(c_{\varepsilon}^{-1} \mathbf{g}(t), \boldsymbol{\xi}) - \langle r(t), \boldsymbol{\xi} \rangle \quad \forall t \in (0, T], \\ m_{\Omega}(\mathbf{s}'(0) - \mathbf{v}_0, \mathbf{v}) = 0, \quad c_{\Omega}(\mathbf{s}(0) - \mathbf{s}_0, \mathbf{v}) = 0 \quad \Xi_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}(0) - \boldsymbol{\theta}_0, \boldsymbol{\xi}) = 0 \quad \forall \mathbf{v} \in W_h, \quad \forall \boldsymbol{\xi} \in Q_h. \end{cases}$$

Тут  $\mathbf{Z}$  та  $\mathbf{H}$ ,  $W_h$  та  $Q_h$  - деякі векторні простори, а  $m_{\Omega}(\mathbf{s}, \mathbf{v})$ ,  $a_{\Omega}(\mathbf{s}, \mathbf{v})$ ,  $c_{\Omega}(\mathbf{s}, \mathbf{v}) \quad \forall \mathbf{v} = (\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2) \in W_h$ , та  $b_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}, \mathbf{v})$ ,  $\Xi_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\xi})$ ,  $\Lambda_{\Omega}(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\xi}) \quad \forall \boldsymbol{\xi} = (\boldsymbol{\xi}_1, \boldsymbol{\xi}_2) \in Q_h$  - білінійні форми.

3. Рекурентна схема ґрунтується на частинах визначених поліноміальних апроксимаціях, структура яких дозволяє точно задовольняти початкові умови задачі і змінювати величину кроку інтегрування в часі без порушення однорідності рекурентних обчислень. На підставі рівнянь балансу енергії термопружних процесів знайдено достатній критерій безумовної стійкості і обчислено порядки швидкості збіжності її наближень.

4. Побудовані проекційно-сіткові алгоритми обчислення апроксимацій розв'язків розглянутих задач теплопровідності та термопружності зниженої вимірності повністю реалізовано у програмному забезпеченні для виконання кваліфікованих обчислювальних експериментів в проблемах термопружності.

Створено цілісну строго обґрунтовану методику числового аналізу задач пониженої вимірності для процесів теплопровідності та термопружності тонкостінних гнучких тіл з миттєвою пам'яттю; методи, алгоритми і програмне забезпечення для виконання обчислювальних експериментів та досліджень в цьому розділі механіки пружного тіла. Розроблені програмні засоби можуть використовуватися для лінійного та нелінійного аналізу поведінки оболонкових конструкцій в умовах теплових і силових навантажень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл: в 5 т. / Під заг. ред. Я. Й. Бурака, Р. М. Кушніра. – Львів: СПОЛОМ, 2007-2011 .

### КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Малець І.О.<sup>1</sup>, Мартин Є.В.<sup>1</sup>, Ляковська С.Є.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35, E-mail: igor.malets@gmail.com

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

Дослідження взаємного впливу визначальних параметрів окремих ланок на перебіг процесів у багатопараметричних технічних системах, зокрема, управління такими системами, передбачає використання геометричних моделей, створюваних з залученням чисел і просторів різної вимірності та з урахуванням нечіткості задання числових значень параметрів [1]. В свою чергу вимірність числа визначається вимірністю евклідового простору, в якому воно реалізується. Взаємодія багатьох елементів технічної системи має місце в часовому вимірі, який визначається числовою віссю одновимірних дійсних додатних чисел як параметрів системи.

Параметри досліджуваних технічних систем, зазвичай, подаються числами однакової вимірності. Взаємодія параметрів у часовому вимірі формує багатовид багатовимірного простору стану багато параметричної системи. В такому просторі кожному значенню одного параметра подається у відповідність числове значення іншого параметра технічної системи. В процесі геометричного моделювання однаково, який з параметрів слугує за аргумент досліджуваної функціональної залежності, яка моделюється відповідним багатовидом.

Така взаємодія моделюється числами осей координатної системи і просто інтерпретується для випадку дійсних чисел, зокрема декартової координатної системи. У випадку використання чисел великих

вимірностей, комплексних, кватерніонів тощо, відсутня можливість порівняння значень цих чисел, тому відсутня також можливість представлення їх на одній числовій осі.

Для випадку функціональної залежності двох змінних параметрів  $y = y(x)$  кожному значенню одного параметра, наприклад,  $A$  числової осі  $Ox$  відповідає значення другого параметра  $B$ , визначене з виразу  $y = y(x)$  (рис. 1а).

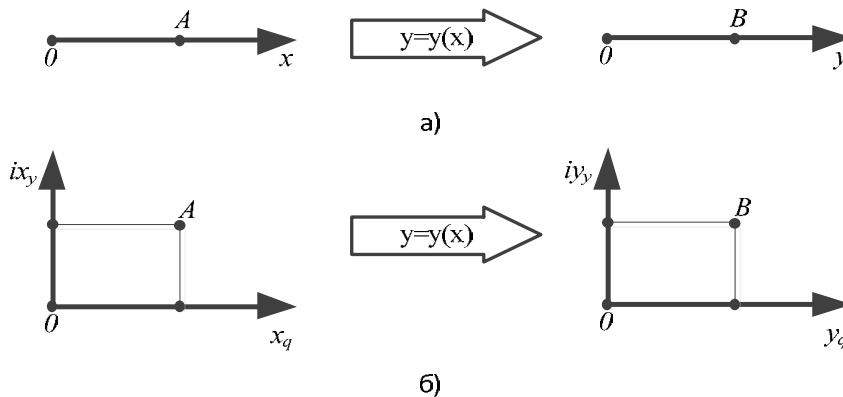


Рис.1 Визначення числових значень параметрів системи

Якщо числа  $A, B$  залежності  $y = y(x)$  вищих вимірностей, то просторами їх відображення слугують площини різних вимірностей, наприклад, розширені комплексні площини (рис 1.б).

Їх геометричні моделі формують зануренням поданих числами вищих вимірностей геометричних образів у багатовимірний евклідовий простір, тобто у площини різної вимірності. Тоді моделлю залежностей багатьох параметрів, поданих числами вищих вимірностей, слугує гіперповерхня власне багатовимірного евклідового простору. Наприклад, для залежностей двох комплексних параметрів  $x$  і  $y$  геометричною моделлю слугує гіперповерхня, яка подається двовимірною поверхнею чотиривимірного евклідового простору із вимірами дійсних та уявних чисел. Така поверхня є фазовою при врахуванні процесу зміни параметрів досліджуваної системи у часі. Наявність ортогонально розташованої частини числової осі дійсних значень часу до фазового простору визначає модель простору стану багатовимірної технічної системи.

У технічних системах має місце цілеспрямований вплив окремих її елементів на об'єкт і відповідного його впливу на поведінку технічної системи. Модель  $M$  перебігу процесів управління багатовимірною технічною системою можна подати короткем

$$M = (МП, МД, МГЗ, ІТ), \quad (1)$$

де МП – множина параметрів;  
МД – множина допущень;  
МГЗ – множина геометричних засобів;  
ІТ – інформаційні технології.

Множина геометричних засобів МГЗ передбачає використання низки прикладних геометрій для формування моделі технічної системи:

$$МГЗ = (НГ, ДГ, ВГ, БГ), \quad (2)$$

де НГ – нарисна геометрія;  
ДГ – диференціальна геометрія;  
ВГ – вичислювальна геометрія;  
БГ – багатовимірна геометрія.

Інформаційні технології ІТ виступають комп'ютерним інструментарієм реалізації та оброблення даних тих геометричних засобів (2), які використані в процесі побудови моделі і можуть бути реалізовані або в якості одного математичного процесора чи з можливістю імпортування даних в прикладні програмні продукти.

Процес дослідження багатопараметричної технічної системи передбачає постановку задачі досліджень з урахуванням допущень як власне процесу її взаємодії з технічним об'єктом ( відкрита система), так і допущень внутрішніх взаємозв'язків складових елементів як багатопараметричної технічної системи, так і об'єкта [ 2].

Для подання параметрів у моделі досліджуваної системи і об'єкта, як дійсних чисел, можуть бути залучені простори вищих вимірностей, наприклад комплексні простори. Модель конструється у вигляді образного багатовиду чи гіперповерхні, а дослідження можливо проводити проєкціюванням її у фазовий

простір з вимірами дійсних чисел, що дає можливість одержати кінцевий результат з числовими значеннями параметрів, поданих у дійсному евклідовому просторі. Послідовність розв’язування задачі моделювання і дослідження перебігу процесів управління багатопараметричними технічними системами наступна (рис. 2).

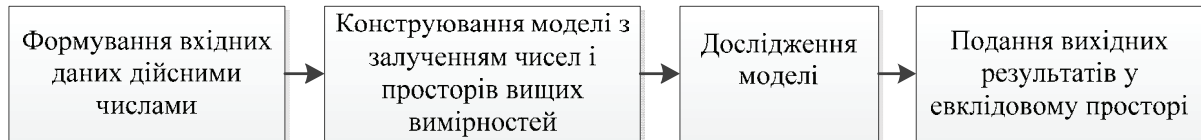


Рис.2 Залучення чисел і просторів вищих вимірностей у процес дослідження багатопараметричних систем.

Запропонована інформаційна технологія геометричного моделювання і дослідження перебігу процесів управління багато параметричними технічними системами результативна при врахуванні чотирьох і більше змінних її параметрів з залученням нечіткої геометрії евклідового простору і використанні ІТз можливістю імпортування даних в прикладні програмні продукти.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Malets I. Modeling of the systems with fuzzy parameters / I. Malets, E. Martyn. - The VIII International Conference PERSPECTIVE TECHNOLOGIES AND METHODS IN MEMS DESIGN.- Polyana, Ukraine.- 2012.- S.1-3.
2. Мартин С.В. Розроблення моделі підтримки прийняття рішень підготовки процесів ліквідації надзвичайних ситуацій/ С.В.Мартин, І.О.Малець, О.В. Придатко.- VIII Міжнародна школа - семінар «Теорія прийняття рішень». - Ужгород, ДВНЗ «УНУ», 2016.- С.178 – 179.

### ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

**Малець І.О., Придатко О.В., Ренкас А.Г., Солотвінський І.В.**

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, вул. Клепарівська, 35, o.prydatko@ldubgd.edu.ua*

В процесі провадження політики щодо децентралізації влади одним із актуальних питань є реформування територіальних та регіональних систем безпеки життєдіяльності (БЖД). У відповідності до тенденцій реформування [1], існуюча модель захисту населення від надзвичайних ситуацій зазнає суттєвих змін в структурі та підпорядкуванні.

Для кращої уяви про складність процесу реформування територіальних систем безпеки життєдіяльності розглянемо його основні етапи з допомогою графа можливих станів системи (рис.1). Перший етап (А) визначає нормативну чисельність та оптимальні місця дислокації рятувальних команд територіальних систем БЖД. На цьому етапі необхідно враховувати такі критерії, як особливості регіону з точки зору розгалуженості мереж автомобільних шляхів  $\{r_1\}$ , розміщення існуючих рятувальних підрозділів підвідомчих Державній службі України з надзвичайних ситуацій  $\{d\}$ , наявність та різновиди на балансі існуючих підрозділів рятувальної техніки та обладнання  $\{f_1\}$ , час доїзду до найвіддаленішого населеного пункту  $\{t\}$  (не має перевищувати 20 хвилин [1]). Враховуючи зазначені критерії, на першому етапі мають бути сформовані зони відповідальності існуючих підрозділів та проєктованих рятувальних команд  $\{v\}$ , що надаватиме підстави для визначення нормативної чисельності та оптимальних місць дислокації рятувальних команд об'єднаних територіальних громад (ОТГ)  $\{g\}$ .

Другий етап (В) передбачає визначення структури проєктованих (реформованих) рятувальних команд об'єднаних територіальних громад. Основними критеріями, що визначають структуру команди є пожежна та техногенна навантага території, яка охороняється  $\{n\}$ , особливості регіону  $\{r_2\}$  з точки зору наявності джерел водопостачання, будівель підвищеної поверховості, автошляхів із підвищеним показником аварійно-небезпечних ділянок тощо. Аналіз зазначених критеріїв дає підстави для визначення необхідної кількості та, саме головне, різновидів і оптимальних характеристик рятувальної техніки  $\{f_2\}$ . Визначення необхідної кількості та різновидів техніки дозволить побудувати оптимальну штатну структуру команди  $\{s\}$  (необхідна кількість водіїв, рятувальників тощо).

Останнім етапом реструктуризації систем БЖД ОТГ є процес компонування проєктованих рятувальних команд (С). Завершальний етап передбачає встановлення кваліфікаційних вимог  $\{k\}$  до



особового складу команди, їх підготовку в спеціалізованих закладах ДСНС України  $\{l\}$ , передачу майнових комплексів з державної в комунальну власність  $\{p\}$ , або у разі неможливості їх закупівлю  $\{z\}$ .

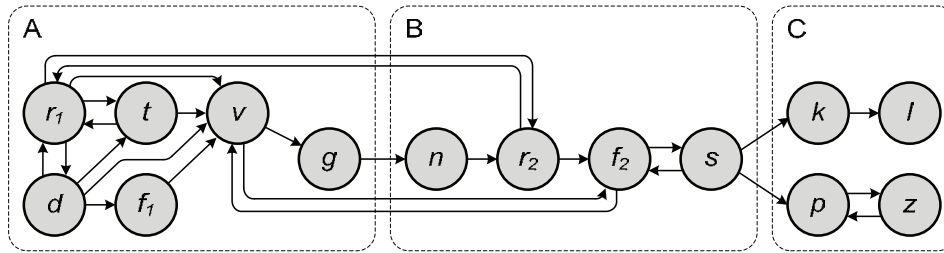


Рисунок 1 – Граф можливих станів системи реформування

Побудований граф відображає усю складність процесу реформування, що вимагає налагодження належної інформаційної підтримки на кожному етапі, яка може бути виражена через СППР.

На даний момент чітко виражено три основні проблеми інформаційної підтримки: на етапі (А) розроблення ефективної методики визначення необхідної кількості та оптимальних місць розташування рятувальних команд з врахування описаних критеріїв; на етапі (В) розроблення ефективної методики визначення необхідної кількості, різновидів та оптимальних характеристик пожежно-рятувальної техніки з урахуванням вищезазначених критеріїв; на етапі (С), крім врегулювання законодавчої бази, розроблення програм підготовки особового складу у відповідності до встановлених кваліфікаційних вимог та організацію їх навчання. Вирішення означених проблем направлене на ефективну реалізацію зазначених етапів реформування територіальних систем БЖД та наближення вітчизняної системи захисту населення від надзвичайних ситуацій до європейських стандартів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Розпорядження КМУ від 25.01.2017 р. № 61-р «Про схвалення Стратегії реформування системи Державної служби України з надзвичайних ситуацій»

## ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО-ПІЛОТОВАНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

Машков О.А., Косенко В.Р.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ, mashkov\_oleg\_52@ukr.net

### Вступ.

Якщо подивитися на еволюцію функцій систем управління від регуляторів А. Ромелли, Ж. Понселе, Дж. Уатта, І. Ползунова до сучасних адаптивних систем управління, то очевидна тенденція неухильного підвищення інтелектуальних властивостей систем управління. Така тенденція викликана зростаючими вимогами до якості функціонування систем управління, а також до спектрів функціональних завдань, що неухильно розширюються.

Жорсткість обмежень по масово-габаритних і енергетичних характеристиках систем керування, з одного боку, а також можливості цифрової обробки інформації, з іншої, привели до необхідності пошуку нових альтернативних апаратно-алгоритмічних підходів до парирування позаштатних режимів функціонування систем керування, створення конструктивних технічних рішень на основі нових наукових і методологічних досягнень по забезпеченню функціональної стійкості, як нового наукового напрямку. Традиційні підходи до побудови адаптивних систем не дозволяють у більшості випадків забезпечити функціональну стійкість систем. Нові підходи до забезпечення функціональної стійкості орієнтовані на використання ідеї самоорганізації.

### Забезпечення функціональної стійкості системи керування дистанційно-пілотованим літальним апаратом.

Розглянемо завдання забезпечення функціональної стійкості (на елементному рівні) системи стабілізації кутового положення дистанційно керованого літального апарату (ДПЛА). Рис.1.

На ДПЛА діють: вектор збурюючих моментів  $M_B(t)$ , вектор керуючих  $M(t)$  моментів. Реакція ДПЛА парирується за допомогою параметрів кутового руху щодо його центра мас, представлених вектором  $\varphi(t) \in \{\nu(t), \psi(t), \gamma(t)\}$ . Блок відмовостійких датчиків (БВД) забезпечує перетворення вектора  $\varphi(t)$  в оцінені значення вектора напруг датчиків  $\hat{U}_A(kT_0)$ , отримані в умовах появи видів відмов з

множини  $D_1$ .  $\hat{U}_A(kT_0)$  перетвориться в бортовій цифровій обчислювальній машині (БЦОМ) у керуючий машинний векторний сигнал  $U_M(kT_0)$ . За допомогою цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) дискретний сигнал  $U_M(kT_0)$  екстраполюється у векторний керуючий сигнал  $U_y(t)$ . Отже, у пристрої автоматичної стабілізації (ПАС) вектор напруг  $\hat{U}_A(kT_0)$  перетвориться відповідно до програми стабілізації ДПЛА і з появою видів відмов з множини  $D_2$  у вектор керуючих впливів на блок відмовостійких електроприводів (БВС). У цьому блоці на підставі  $U_y(t)$  і в умовах виникнення видів відмов в множині  $D_3$  формуються керуючі моменти  $M(t)$ , що компенсують наслідки і дії збурюючих моментів. Об'єкт автоматичної стабілізації (ОАС) у сукупності з ПАС реалізують принцип керування по відхиленню і принцип забезпечення функціональної стійкості першого рівня.

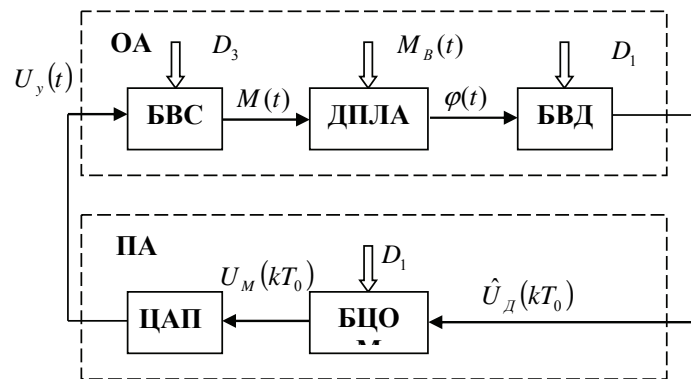


Рис.1 – Узагальнена функціональна схема елементного рівня функціональної стійкості системи керування

Розглянемо основні функції, що реалізують властивість функціональної стійкості блоків ОАС. Для цього представимо блок БВД по каналах кутової стабілізації тангажу у наступному вигляді (рис. 2).

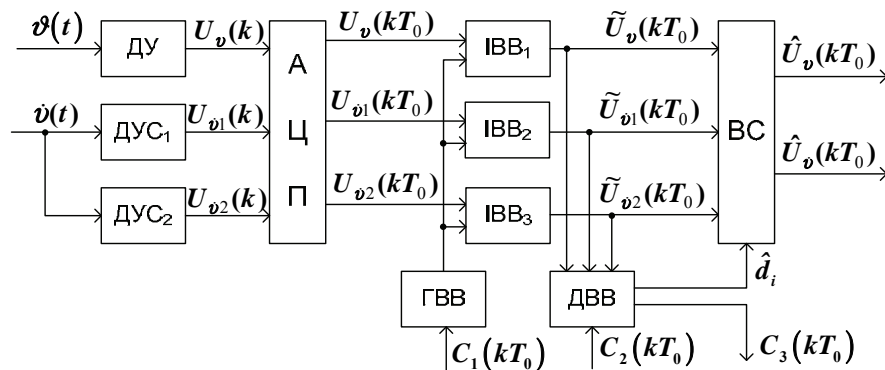


Рис.2 – Функціональна схема блоку БВД для каналу тангажу

Тут використовується функціональна і структурна надмірність датчиків: функціональна – у силу зв'язку  $\dot{v}(t) = \frac{dv(t)}{dt}$ , а структурна – за допомогою двох датчиків кутових швидкостей (ДУС). Напруги з датчиків, оцифрованих АЦП, надходять на відповідні елементи імітаторів видів відмов  $IBV_i$ ,  $i = \overline{1,3}$ , що виконують функцію імітації видів відмов по командах з генератора видів відмов (ГВВ).  $IBV_i$  разом із ГВВ здійснюють по певних сценаріях, що задають із верхнього рівня керування командою  $C_1(kT_0)$ , деформацію, перетворення номінальних сигналів з датчиків в аварійні, збурені, відповідні конкретному виду відмови  $d_i$  з множини  $D_1$ . Збурені сигнали далі надходять у функціональний елемент діагностування видів відмов (ДВВ), де виявляється по непрямим ознаках причина аварійної ситуації і формується оцінка характеристик конкретного виду відмови  $\hat{d}_i$ . ДВВ включається в роботу по команді  $C_2(kT_0)$ . Результати діагностування – діагноз  $\hat{d}_i$  надходить на елемент, що виконує функцію відновлення сигналів (ВС), де

відповідно до діагнозу коректується перевернутий видом відмови номінальний сигнал і виходять оцінені значення  $\hat{U}_v(kT_0)$  і  $\hat{U}_v(kT_0)$ . Сигнал із ДВВ  $C_3(kT_0)$  – це повідомлення на верхній рівень керування функціональним і технічним станом функціонально стійкої СК. Вбудовані у функціональну схему елементи ІВВ<sub>і</sub> й ГВВ використовують на всіх стендах експериментальної обробки систем стабілізації, а в штатному режимі польоту їх не застосовують.

Розглянемо основні функціональні особливості БВС на прикладі таких електроприводів у каналі тангажу, як електричні двигуни (рис.3).

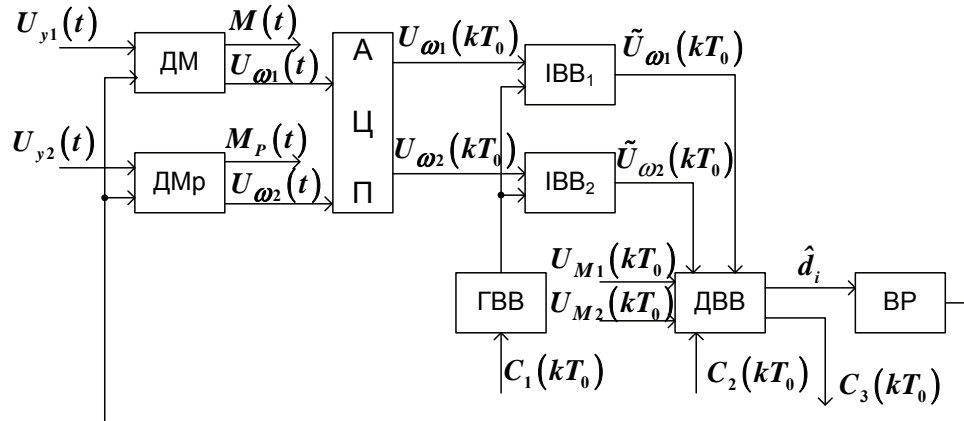


Рис.3 – Функціональна схема блоку БВС для каналу тангажу

У представленій функціональній схемі (рис.3) використовують із підсилювачами потужності і датчиками основний двигун (ДМ) і структурно надлишковий двигун (ДМр), що працює в холодному або гарячому резерві, що створюють для ДПЛА відповідно обертаючі моменти  $M(t)$  й  $M_p(t)$ . Напруги  $U_{\omega_1}(t)$  й  $U_{\omega_2}(t)$ , що характеризують кутові швидкості обертових частин електроприводу, після АЦП у цифровій формі  $U_{\omega_1}(kT_0)$  й  $U_{\omega_2}(kT_0)$  надходять на елементи імітації видів відмов  ${}^2\hat{A}_i$ ,  $i = \overline{1,2}$ . Тут у відповідності зі сценаріями, що задають сигналом  $C_1(kT_0)$ , і по командах з генератора видів відмов (ГВО) формуються сигнали збуреного руху електроприводів  $-\tilde{U}_{\omega_1}(kT_0)$  і  $\tilde{U}_{\omega_2}(kT_0)$ . Ці сигнали поряд з керуючими машинними сигналами –  $U_{M_1}(kT_0)$  і  $U_{M_2}(kT_0)$  і командою  $C_2(kT_0)$  спрацьовують по відповідних алгоритмах у функціональному елементі ДВВ. Результат обробки являє собою діагноз у формі оцінок характеристик поточного виду відмови  $\hat{d}_i$ , що надходить у наступний функціональний елемент, що виконує процедуру відновлення працездатності (ВР) двигунів-маховиків. Відповідні повідомлення про функціональний і технічний стани електроприводів за допомогою сигналу  $C_3(kT_0)$  подаються на наступний рівень керування. В елементі ВР формується залежно від  $\hat{d}_i$  і наявних у сучасний момент часу надлишкових ресурсів така процедура компенсації виду відмови  $\hat{d}_i$ , щоб забезпечити відновлення працездатності ДМ, що відмовили до необхідного рівня функціональної якості, тобто прикласти до ДПЛА необхідний керуючий сумарний момент  $M(t)+M_p(t)$ , що забезпечує компенсацію дії збурюючого моменту.

Функціональні елементи ГВВ і ІВВ<sub>і</sub> використовують на всіх стадіях експериментального відпрацювання математичних, програмних і апаратних засобів систем стабілізації. У польоті ці елементи в штатних режимах не застосовують.

Діагностичне забезпечення містить у собі моделі, методи, алгоритми, процедури й засоби діагностування. Розглянемо конфігурацію датчиків (рис 6.) Змінні датчиків зв'язані на лінійних ділянках статичних характеристик такими співвідношеннями:

$$\begin{aligned} U_v(t) &= \kappa_v v(t); \\ U_{v_i}(t) &= \kappa_{v_i} \dot{v}(t); \\ U_{v_2}(t) &= \kappa_{v_2} \ddot{v}(t); \quad t \in T, \end{aligned} \quad (1)$$

тут  $\kappa_v$ ,  $\kappa_{v1}$ ,  $\kappa_{v2}$  – коефіцієнти передачі датчиків;  $T$  – період виміру. Залежність вихідної напруги від вхідного сигналу можна представити наступною статичною характеристикою, справедливою як для ДУ, так і для ДУСів (рис.7). Вхідний сигнал  $\lambda \in \{v, \dot{v}\}$ , а вихідний  $U_\lambda \in \{U_v, U_{v1}, U_{v2}\}$ . Напруги насичення  $U_{\max}$  й  $U_{\min}$ , а також значення вхідного сигналу  $\lambda_{\max}$  й  $\lambda_{\min}$  відображають діапазони функціонування датчика. Нахил характеристики визначається коефіцієнтом передачі  $\kappa_\lambda$ .

Досвід експлуатації датчиків і аналіз їх функціональних і надійнісних властивостей дозволяють сформувати для кожного датчика множину характерних видів відмови, наприклад, таких, як показані на рис.4.

Опишемо представлені види відмови. Вид відмови  $d_1$  – дрейф нуля позитивний ліквідуємий, якщо  $U_{o1} \leq U_0$ , наприклад,  $U_0 = 1B$  (рис.4,а, 1);  $d_2$  – дрейф нуля негативний ліквідуємий, якщо  $U_{o2} \geq -U_0$  (рис.4,а, 2);  $d_3$  – дрейф нуля позитивний неліквідуємий, якщо  $U_{o1} > U_0$  (рис.4,а, 1);  $d_4$  – дрейф нуля негативний неліквідуємий, якщо  $U_{o2} < -U_0$  (рис.4,а, 2);  $d_5$  – зменшення коефіцієнта передачі датчика (рис.4,б, 2);  $d_6$  – переорієнтація або зміна фаз двигуна (рис.4,б, 3);  $d_7$  – обрив сигнального проводу датчика (рис.4,в, 1);  $d_8$  – обрив мінусового проводу живлення (рис.4,в, 2);  $d_9$  – обрив плюсового проводу живлення (рис.4,в, 3);  $d_{10}$  – невідомий вид відмови.

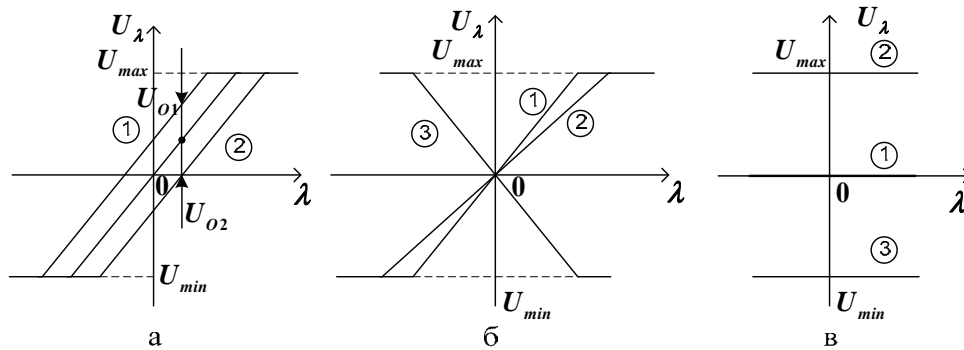


Рис.4 – Статичні характеристики датчиків при різних видах відмови

Кожному фізичному виду відмови  $d_i$ ,  $i = \overline{1,9}$  ставиться у відповідність діагностичний параметр  $\alpha_i$ . Так, види відмов  $d_1, \dots, d_4$  описуються параметром  $U_0$ , види відмов  $d_5$  і  $d_6$  характеризуються параметром  $\tilde{\kappa}_\lambda$ , а видам відмови  $d_7, d_8$  і  $d_9$  відповідає сталість вихідної напруги  $\tilde{U}_\lambda = const$ . З урахуванням введених параметрів видів відмови рівняння збуреного руху датчиків приймуть такий вид:

$$\begin{aligned} \tilde{U}_v(t) &= \tilde{\kappa}_v v(t) + U_0^v; \\ \tilde{U}_{v1}(t) &= \tilde{\kappa}_{v1} \dot{v}(t) + U_0^{v1}; \\ \tilde{U}_{v2}(t) &= \tilde{\kappa}_{v2} \dot{v}(t) + U_0^{v2}; \quad t \in T, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\tilde{U}_v$ ,  $\tilde{U}_{v1}$  і  $\tilde{U}_{v2}$  – вихідні напруги аварійних датчиків;  $\tilde{\kappa}_v$ ,  $\tilde{\kappa}_{v1}$  і  $\tilde{\kappa}_{v2}$  – поточні коефіцієнти передачі датчиків;  $U_0^v$ ,  $U_0^{v1}$  і  $U_0^{v2}$  – поточні величини дрейфів для кожного датчика. У результаті вивчення властивостей аварійних датчиків і досвіду їхньої експлуатації використовують при розробці діагностичного забезпечення наступні робочі гіпотези:

- у сучасний момент часу відмовляє лише один датчик;
- причиною відмови датчика є один вид відмови;
- інші види відмови в період виміру  $T$  не з'являються;
- характер зміни вхідних сигналів  $v(t)$  і  $\dot{v}(t)$  забезпечує виявлення будь-якого виду відмови із заданої підмножини  $D'_1 = \{d_1, \dots, d_{10}\}$ ;  $D'_1 \subset D_1$ ;

- види відмови з'являються незалежно один від іншого;
- параметри видів відмови істотно не змінюються на інтервалі виміру  $T$ .

Представимо рівняння (2) у векторно-матричній формі для дискретного часу, опустивши для спрощення запису період квантування  $T_0$ .

$$\begin{bmatrix} \tilde{U}_v(k) \\ \tilde{U}_{v1}(k) \\ \tilde{U}_{v2}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{\kappa}_v & 0 \\ 0 & \tilde{\kappa}_{v1} \\ 0 & \tilde{\kappa}_{v2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(k) \\ \dot{v}(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U_0^v \\ U_0^{v1} \\ U_0^{v2} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

або в скороченій формі -

$$U_d(k) = \tilde{D}v(k) + F; \quad k \in K, \quad (4)$$

де  $K$  – дискретний час (множина номерів вимірів).

Сформовані МДМ дозволяють розробити за допомогою сигнально-параметричного підходу взаємозалежну сукупність алгоритмів діагностування представленого фрагмента БВД для каналу тангажу. Ця сукупність містить у собі: алгоритми виявлення відмови, алгоритми пошуку датчика, що відмовив, алгоритми встановлення класу відмови і алгоритми визначення конкретного виду відмови.

*Алгоритмічне забезпечення виявлення відмови*

У цифровій векторно-матричній формі рівняння (1) для номінального режиму описуються в такий спосіб:

$$\begin{bmatrix} \tilde{U}_v(k) \\ \tilde{U}_{v1}(k) \\ \tilde{U}_{v2}(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{\kappa}_v & 0 & 0 \\ 0 & \tilde{\kappa}_{v1} & 0 \\ 0 & 0 & \tilde{\kappa}_{v2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v(k) \\ \dot{v}(k) \end{bmatrix}; \quad k \in K. \quad (5)$$

Застосовуючи процедуру приведення вимірів датчиків до входу і формулу чисельного диференціювання Ейлера, сформуємо наступні алгебраїчні співвідношення для збуреного стану датчиків:

$$\Delta \dot{v}(k) = \frac{\tilde{U}_v(k+1) - \tilde{U}_v(k)}{\kappa_v T_0} - \frac{1}{2} \left[ \frac{\tilde{U}_{v1}(k)}{\kappa_{v1}} + \frac{\tilde{U}_{v2}(k)}{\kappa_{v2}} \right]; \quad (6)$$

З отриманих співвідношень формується такий двозначний предикат:

$$Z_0 = S_2 \{ |\Delta \dot{v}(k)| > \delta_0 \}, \quad k = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Предикат обчислюється  $N$  раз, і в результаті обчислення в кожній точці буде значення 0 або 1. Лічильник  $N_0$  підраховує кількість одиниць, тобто точок, у яких «відмова виявлена». Після  $N$  проведених порівнянь здійснюється остаточне «виявлення» відмови, якщо  $N_0 \geq N \cdot p_0$ , тут  $p_0$  – коефіцієнт довіри, що дозволяє відкинути «помилкові» виміри, «нульові» точки, ігнорувати погрешності, випадкові впливи й інші фактори.

Отже, для виявлення відмови у фрагменті БВД необхідно:

1. Сформувати масив різниць  $\Delta \dot{v}(k)$ ,  $k = \overline{1, N}$ ,  $N = (t_1 - t_0)/T_0$  для номінального режиму функціонування датчиків і обчислити  $\delta_0$  й  $p_0$ .
2. Занести отримані значення допуску й коефіцієнта довіри у файл БД і надалі використати для виявлення відмови.
3. Сформувати різниці  $\Delta \dot{v}(k)$ ,  $k = \overline{1, N}$  з поточних значень напруг відповідно до формули (6).
4. Вирахувати для кожної точки  $k = \overline{1, N}$  предикат (7), підрахувавши кількість одиниць за допомогою лічильника  $N_0$ .
5. Зрівняти вміст лічильника  $N_0$  з добутком загального числа вимірів на коефіцієнт  $p_0$  і повідомити один з можливих діагнозів: а) виявлена відмова; б) датчики функціонують нормально. Етапи 1 і 2 виконуються один раз, і надалі процедура виявлення починається з етапу 3. Схематично алгоритм виявлення відмови для БВД показаний на рис. 5.

Програмне забезпечення ідентифікації відмови створюється на основі розроблених алгоритмів.

*Алгоритмічне забезпечення пошуку відмовившого датчика*

Наступним основним завданням після виявлення відмови в БВД є завдання пошуку місця, або в конкретній термінології - пошуку датчика, що відмовив. Опишемо особливості цього процесу. Система рівнянь для збуреного відмовами стану датчиків описується в такий спосіб:

$$\begin{bmatrix} \hat{v}(k) \\ \hat{v}_1(k) \\ \hat{v}_2(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\kappa_v} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\kappa_{v1}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\kappa_{v2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{U}_v(k) \\ \tilde{U}_{v1}(k) \\ \tilde{U}_{v2}(k) \end{bmatrix}, \quad (8)$$

де  $\hat{v}(k)$ ,  $\hat{v}_1(k)$  і  $\hat{v}_2(k)$  – оцінені значення вхідних сигналів датчиків, що представляють собою ознаки датчика, що відмовив. Для забезпечення порівнянності цих ознак за допомогою процедури чисельного інтегрування  $\hat{v}_1(k)$  і  $\hat{v}_2(k)$  по формулі прямокутників одержимо такі вирази:

$$\begin{aligned} \hat{v}_1(k+1) &= \hat{v}_1(k) + T_0 \hat{v}_1(k); \\ \hat{v}_2(k+1) &= \hat{v}_2(k) + T_0 \hat{v}_2(k); \quad k = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (9)$$

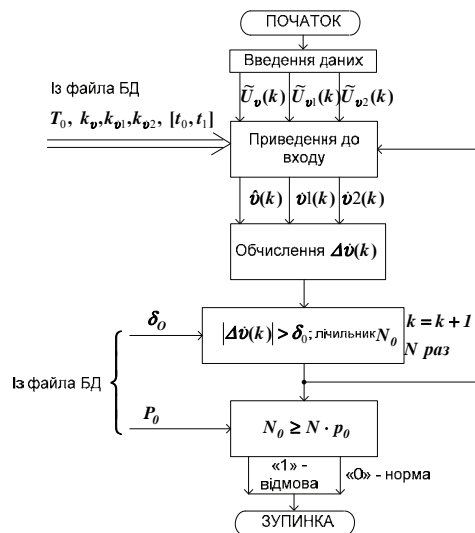


Рис.5 – Алгоритм виявлення відмови в каналі тангажу

Більше точних оцінок можна досягти за допомогою процедури чисельного інтегрування по методу трапецій

$$\begin{aligned} \hat{v}_1(k+1) &= \hat{v}_1(k) + \frac{T_0}{2} [\hat{v}_1(k+1) + \hat{v}_1(k)] \\ \hat{v}_2(k+1) &= \hat{v}_2(k) + \frac{T_0}{2} [\hat{v}_2(k+1) + \hat{v}_2(k)] \quad k = \overline{1, N}. \end{aligned} \quad (10)$$

Початкові дані для предикатів описуються рівняннями

$$\begin{aligned} Z_1(k) &= S_2 \{ |\hat{v}(k) - \hat{v}_1(k)| < \delta_1 \}, \\ Z_2(k) &= S_2 \{ |\hat{v}(k) - \hat{v}_2(k)| < \delta_2 \}, \\ k &= \overline{1, N}; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\delta_1 = \max_{ном} |\hat{v}(k) - \hat{v}_1(k)|;$$

$$\delta_2 = \max_{ном} |\hat{v}(k) - \hat{v}_2(k)|.$$

Очевидно, що кожний предикат обчислюється  $N$  раз. Результат обчислення в кожний момент  $k$  буде представлений значенням 1 або 0. Кількість «1» підраховується лічильниками  $N_1$  або  $N_2$  відповідно. Предикати формуються в такий спосіб:

$$Z_1 = S_2 \{ N_1 \geq p_1 N \}, \quad Z_2 = S_2 \{ N_2 \geq p_2 N \}, \quad (12)$$

де  $p_1$  й  $p_2$  – коефіцієнти довіри, що дозволяють відкинути помилкові виміри, «нульові точки», ігнорувати нульові результати діагнозу, погрішності і випадкові впливи на виміри. Графічно алгоритм пошуку датчика, що відмовив, показаний на рис.11.

*Алгоритмічне забезпечення встановлення класу відмови*

Після виявлення датчика, що відмовив, потрібно зняти невизначеність, викликану класом відмови. Для кожного датчика сформовані такі класи відмови: 1) обриви; 2) дрейфи; 3) виміри коефіцієнта передачі.

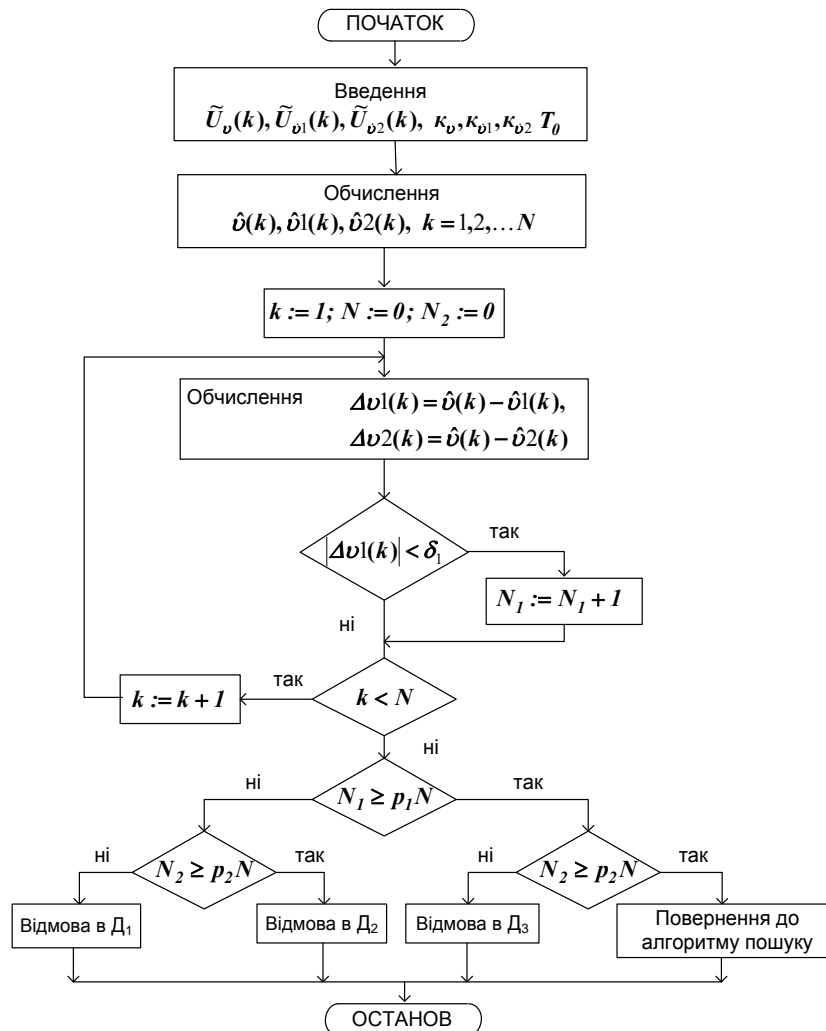


Рис.6 – Алгоритм ідентифікації відмови датчика

Клас відмови «обриви» поєднує види відмови, пов'язані з відсутністю живлення і вихідного сигналу (рис.4, в). Прямою діагностичною ознакою цього класу служить умова:  $\tilde{U}_\lambda(k) = const, k = \overline{1, N}$ .

Клас відмови «дрейфи» містить у собі всі види відмови, що призводять до зсуву статичної характеристики по осі ординат і характеризуються прямою діагностичною ознакою – параметром  $\tilde{U}_0^\lambda$ ,  $\lambda \in \{v, v_1, v_2\}$  (рис.4, а).

Клас відмови «зміна коефіцієнта передачі» складається з таких видів відмови, як переорієнтація, зменшення коефіцієнта передачі (рис.4, б). Характеризується цей клас прямою діагностичною ознакою  $\tilde{\kappa}_\lambda$ ,  $\lambda \in \{v, v_1, v_2\}$ .

Тому, що будь-який обрив характеризується сталістю вихідної напруги:  $\tilde{U}_\lambda(k) = const$ , то  $\tilde{U}_\lambda(k) \approx \tilde{U}_\lambda(k+1) \approx \dots \approx \tilde{U}_\lambda(k+m)$ . Тому поточна ознака  $Z_3(k)$  описується наступним предикатним рівнянням:

$$Z_3(k) = S_2 \left\{ \left| \tilde{U}_\lambda(k) - \tilde{U}_\lambda(k+m) \right| < \delta_3 \right\}, k = \overline{1, N-m}. \quad (13)$$

Клас «дрейфи» описується таким МДМ:

$$\Delta U_{\lambda}(k) = \tilde{U}_0^{\lambda}; \lambda \in \{\upsilon, \dot{\upsilon}_1, \dot{\upsilon}_2\}; k = \overline{1, N}, \quad (14)$$

отже, непрямою діагностичною ознакою цього класу служить умова  $\Delta U_{\lambda}(k) \approx \Delta U_{\lambda}(k+1) \approx \dots \approx \Delta U_{\lambda}(k+m)$ . Тому дихотомічна ознака такого класу  $Z_4(k)$  буде описуватися предикатним рівнянням

$$Z_4(k) = S_2 \left\{ \left| \Delta U_{\lambda}(k) - \Delta U_{\lambda}(k+m) \right| < \delta_4 \right\}, k = \overline{1, N-m}. \quad (15)$$

Клас, пов'язаний зі зміною параметра  $\tilde{\kappa}_{\lambda}$ , описується наступною МДМ:

$$\Delta U_{\lambda}(k) = \Delta \kappa_{\lambda} \lambda(k); \lambda \in \{\upsilon, \dot{\upsilon}_1, \dot{\upsilon}_2\}; k = \overline{1, N}, \quad (16)$$

Виходячи із цієї МДМ моделі справного датчика й умов реалізації формується поточна ознака  $Z_5(k)$  у формі

$$Z_5(k) = S_2 \left\{ \left| \Delta U_{\lambda}(k) \cdot \Delta \hat{U}_{\lambda}(k+m) - \Delta U_{\lambda}(k+m) \cdot \Delta \hat{U}_{\lambda}(k) \right| < \delta_5 \right\}, k = \overline{1, N-m}. \quad (17)$$

Значення допусків  $\delta_3$ ,  $\delta_4$  и  $\delta_5$  формуються в номінальному режимі функціонування за допомогою обчислення максимальних значень модулів відповідних різностей, що перебувають під символом предиката.

Для формування інтегральних ознак  $Z_3$ ,  $Z_4$  и  $Z_5$  використовують лічильники  $N_3, \dots, N_5$ , що підраховують кількість спрацьовувань відповідної умови. Остаточню встановлюється клас відмови за допомогою зіставлення результатів обліку із числом довірчих вимірів:

$$\begin{aligned} Z_3 &= S_2 \{N_3 > p_3(N-m)\} \quad \begin{cases} 1 - \text{«обриви»}, \\ 0 - \text{немає.} \end{cases} \\ Z_4 &= S_2 \{N_4 > p_4(N-m)\} \quad \begin{cases} 1 - \text{«обриви»}, \\ 0 - \text{немає.} \end{cases} \\ Z_5 &= S_2 \{N_5 > p_5(N-m)\} \quad \begin{cases} 1 - \text{«обриви»}, \\ 0 - \text{немає.} \end{cases} \end{aligned} \quad (18)$$

#### Алгоритмічне забезпечення визначення виду відмови

Алгоритм обчислення невідомих ознак виду  $\Delta \hat{\alpha}_i$  будується з використанням відповідних МДМ. Рівняння моделі вирішується щодо невідомої ознаки  $\Delta \hat{\alpha}$ . Після розробки алгоритмів одержання оцінених значень ознак відмов потрібно визначити діапазони зміни оцінок ознак  $\Delta \hat{\alpha}_i$ ,  $i = \overline{1, \mu}$ , що відповідають компенсуємим і некомпенсуємим видам відмови. У результаті для кожного оціненого значення  $\Delta \hat{\alpha}_i$  встановлюють підмножину значень  $\Omega_{\alpha_i}^1$ , що характеризує компенсуємий вид відмови, і підмножину  $\Omega_{\alpha_i}^2$ , що відповідає некомпенсуємому виду відмови.

Для підмножини  $\Omega_{\alpha_i}^1$  введемо нижнє значення  $d_{i1}^l = \inf \Omega_{\alpha_i}^1$  і верхнє значення  $d_{i1}^B = \sup \Omega_{\alpha_i}^1$ . Тоді двозначні предикати

$$\begin{aligned} S_2(\Delta \hat{\alpha}_i - d_{i1}^H) &= \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i \geq d_{i1}^H, \\ 0, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i < d_{i1}^H; \end{cases} \\ S_2(d_{i1}^B - \Delta \hat{\alpha}_i) &= \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i \leq d_{i1}^B, \\ 0, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i > d_{i1}^B \end{cases} \end{aligned} \quad (19)$$

будуть характеризувати розміщення  $\Delta \hat{\alpha}_i$  щодо границь  $\Omega_{\alpha_i}^1$ . Використовуючи ці предикати, можна записати правила визначення компенсуємого виду відмови за допомогою булевого рівняння

$$V_{i1} = S_2(d_{i1}^B - \Delta \hat{\alpha}_i) \wedge S_2(\Delta \hat{\alpha}_i - d_{i1}^H). \quad (20)$$

Для підмножини  $\Omega_{\alpha_i}^2$  введемо нижнє  $d_{i2}^H$  і верхнє  $d_{i2}^B$  значення і відповідні двозначні предикати

$$\begin{aligned} S_2(\Delta \hat{\alpha}_i - d_{i2}^H) &= \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i \geq d_{i2}^H, \\ 0, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i < d_{i2}^H; \end{cases} \\ S_2(d_{i2}^B - \Delta \hat{\alpha}_i) &= \begin{cases} 1, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i \leq d_{i2}^B, \\ 0, & \text{якщо } \Delta \hat{\alpha}_i > d_{i2}^B \end{cases} \end{aligned} \quad (21)$$

тоді правило некомпенсуємого виду відмови можна записати так:



$$V_{i2} = S_2(\Delta\hat{\alpha}_i - d_{i2}^H) \wedge S_2(d_{i2}^B - \Delta\hat{\alpha}) \quad (22)$$

Предикати  $Z_6(k)$ ,  $Z_7(k)$  і  $Z_8(k)$  формуються аналогічно предикатам установлення класу відмови. Так,  $Z_6(k)$  описується наступною формулою:

$$Z_6(k) = S_2 \left\{ \tilde{U}_\lambda(k) \leq \delta_6 \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «обрив сигнального проводу»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

Предикати  $Z_7(k)$  і  $Z_8(k)$  містять величину напруги насичення  $U_{\max}$  й пороги  $\delta_7$ ,  $\delta_8$ .

$$Z_7(k) = S_2 \left\{ \tilde{U}_\lambda(k) - U_{\max} \leq \delta_7 \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «обрив негативного проводу»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

$$Z_8(k) = S_2 \left\{ \tilde{U}_\lambda(k) - U_{\max} \leq \delta_8 \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «обрив позитивного проводу»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

Для формування предикатів  $Z_9$ ,  $Z_{10}$  і  $Z_{11}$  виникає необхідність обчислення середнього значення різницевого сигналу

$$\Delta U_\lambda(k) = \tilde{U}_\lambda(k) - \hat{U}_\lambda(k); \quad (23)$$

$$\tilde{U}_0^\lambda = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \Delta U_\lambda(k);$$

$$Z_9(k) = S_2 \left\{ \tilde{U}_0^\lambda > U_{0\max}^\lambda \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «позитивний непереборний дрейф»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

$$Z_{10}(k) = S_2 \left\{ \tilde{U}_0^\lambda < -U_{0\min}^\lambda \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «негативний непереборний дрейф»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

$$Z_{11}(k) = S_2 \left\{ \delta_{11} \leq \tilde{U}_0^\lambda \leq U_{0\max}^\lambda \right\} \begin{cases} 1 - \epsilon \text{ «позитивний переборний дрейф»;} \\ 0 - \text{ немає.} \end{cases}$$

Вид відмови «переорієнтація» характеризується зміною знака коефіцієнта передачі на протилежний. Виходячи із цього предикат  $Z_{12}$  виглядає у такий спосіб:

$$Z_{12} = S_2 \left\{ |\kappa_\lambda^H - \hat{\kappa}_\lambda| < \delta_{12} \right\} \begin{cases} 1 & \text{«переорієнтація»;} \\ 0 & \text{ні.} \end{cases} \quad (24)$$

Тут  $\kappa_\lambda^H$  – номінальне значення коефіцієнта передачі датчика;  $\hat{\kappa}_\lambda$  – оцінка його поточного значення, отримана в такий спосіб:

$$\hat{\kappa}_\lambda = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \hat{\kappa}_\lambda(k) \quad (25)$$

На основі розроблених алгоритмів визначення видів відмови створюється програмне забезпечення, налагодження якого проводиться в комплексі із програмами виявлення відмови, пошуку датчика, що відмовив, визначення класу.

#### Відновлення сигналів датчиків

Проектування алгоритмів і програм відновлення сигналів датчиків, що відмовили, полягає в розробці процедур гнучкого використання наявної у ДПЛА надмірності: 1. приладової (2 ДУСа); 2. функціональної  $\left( \dot{v}(t) = \frac{dv(t)}{dt} \right)$ ; 3. алгоритмічної (засобу сигнального й параметричного виправлення збурених вимірів).

Відновлення сигналів датчиків, що відмовили, за допомогою керування описаними ресурсами здійснюється відповідно до рівняння відновлення сигналів

$$\hat{U}_\lambda(k) = \rho_1 \hat{U}_\lambda(k) + \rho_2 \hat{U}_0^\lambda + \rho_3 \hat{U}'_\lambda(k); \quad k \in K, \quad (26)$$

тут  $\rho_1$  – параметри відновлення, що дозволяють виконувати наступні підстроювання:  $\rho_1$  – параметричну;  $\rho_2$  – сигнальну й  $\rho_3$  – підключення справного датчика;  $\hat{U}_\lambda(k)$  – відновлений сигнал з датчика, що відмовив  $\hat{U}_0^\lambda$ ; - оцінене значення дрейфу аварійного датчика  $\hat{U}'_\lambda(k)$ ; - оцінене значення сигналу, отримане з інших справних датчиків.

Розглянемо можливості відновлення сигналу для конкретних видів відмови. Якщо відбувається відмова із класу дрейфів у датчику кута і величина  $\hat{U}_0^\lambda$  обчислюється при діагностуванні виду відмови як

«дрейф позитивний переборний», то виміри датчика кута відновлюються обчисленням з  $\hat{U}_v(k)$  величини оцінки  $\hat{U}_v^0$ . При цьому параметри відновлення приймають наступні значення:  $\rho_1 = 1; \rho_2 = -1; \rho_3 = 0$ , тоді

$$\hat{U}_v(k) = \tilde{U}_v(k) - \hat{U}_v^0; \quad k \in K. \quad (27)$$

При зменшенні коефіцієнта передачі ДУСа  $\hat{e}_{v_i}$  на 20% сигнал цього датчика відновлюється відповідною деформацією його вихідного сигналу. Для цього випадку  $\rho_1 = 1,25; \rho_2 = 0; \rho_3 = 0$ . Тоді

$$\hat{U}_v(k) = 1,25\tilde{U}_v(k); \quad k \in K. \quad (28)$$

При різних видах обривів, наприклад, у датчику кута, відновлення цього сигналу здійснюється так:

$$\hat{U}_v(k) = \hat{U}_v(k-1) + T_0 \frac{\kappa_v}{\kappa_v} U_{v_i}(k-1). \quad (29)$$

Аналогічно формуються сценарії для всіх видів відмов та забезпечується бажане відновлення сигналів відмовивших датчиків. Отримані в такий спосіб алгоритми є основою для розробки відповідного програмного забезпечення для відновлення сигналів датчиків.

**Висновки.** Показано можливість використання технології функціональної стійкості для обґрунтування вимог до складних динамічних систем. Досліджено можливість створення функціонально-стійкої автоматизованої системи управління дистанційно-пілотованих літальних апаратів. Проведено математичну формалізацію області функціонування стійкості складного об'єкту, як основу для визначення границі та запасу функціональної стійкості. Створені діагностичні моделі та критерії діагностування систем керування, алгоритмічне та програмне забезпечення для вирішення поставлених задач. Одержані результати підкреслюють перспективність обраного напрямку досліджень для теорії й практики розподілених автоматизованих систем управління, а також можуть бути використані при розробці та удосконаленні інших видів складних інформаційних систем, оскільки такі системи синтезуються із введенням оптимальної структурної надмірності, перерозподілом параметрів системи між елементами, адаптацію до конкретних умов обстановки.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Машков О.А., Баранов Г.Л., Косенко В.Р. Критерії діагностування в функціонально стійких системах управління / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2013, - Євпаторія, 2013, с. 61-65.
2. Машков О.А., Косенко В.Р. Проблеми створення функціонально стійкої автоматизованої системи управління рухомих об'єктів / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2012, - Євпаторія, 2012, с. 497-508.
3. Машков О.А., Косенко В.Р. Розробка алгоритмів синтезу оновлюючого керування для інформаційно-керуючих комплексів рухомих об'єктів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 62, Київ, 2011, с. 208-225.
4. Машков О.А., Косенко В.Р. Задача синтезу оновлюючого керування при побудові функціонально-стійких бортових інформаційно-керуючих комплексів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 61, Київ, 2011, с. 202-229.
5. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез функціонально-стійкої системи керування рухомих об'єктом із заданими динамічними властивостями / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, вип. 60, Київ, 2011, с. 186-214.
6. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 1) / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 55, 2010, с. 131-148.
7. Машков О.А., Баранов Г.Л., Косенко В.Р. Синтез структури складної системи на основі методів ранжування показників якості / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2014, - Залізний Порт, Україна, 2014, с. 109-114.
8. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез структури складної системи на основі багатокритеріального вибору варіантів / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2014, - Залізний Порт, Україна, 2014, с. 115-118.
9. Машков О.А., Аль-Тамими Р.К.Н., Лами Д.Д.Х., Косенко В.Р. Математична формалізація властивості функціональної стійкості складних екологічно небезпечних техногенних систем / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2015, - Залізний Порт, Україна, 2015, с. 106-113.

10. Машков О.А., Косенко В.Р. Развитие теории функциональной стойкости, як стійкості функціонала якості складної системи / Интеллектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції.– Херсон: Вид. ХНТУ, 2016., с. 93-104.
11. Машков О.А., Косенко В.Р. Обеспечение функциональной устойчивости бортового комплекса дистанционно пилотируемого летательного аппарата с использованием мультиплексных каналов обмена информации на основе волоконно-оптических линий связи / Збірка наукових праць: Интеллектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції.– Херсон: Вид. ХНТУ, 2016., с. 104-108.
12. Кулик А.С. Обеспечение отказоустойчивости систем управления: учеб. пособие / А.С. Кулик. Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1991. – 90 с.
13. Кулик А.С. Автоматизация диагностирования систем управления летательных аппаратов: учеб. пособие / А.С. Кулик. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1994. – 61 с.
14. Кулик А.С. Системное обеспечение отказоустойчивости блока гироскопических датчиков / А.С. Кулик, А.П. Козий // Электронное моделирование. – 1995. – Т. 17, № 6. – С. 28-33.
15. Кулик А.С. Сигнально-параметрическое диагностирование систем управления / А.С. Кулик. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ»: Бизнес Информ, 2000. – 260 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Машков О.А., Косенко В.Р.

*Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ, mashkov\_oleg\_52@ukr.net*

**Вступ.** Сучасні системи управління складних об'єктів (наприклад, авіаційної і космічної техніки, техногенно небезпечні об'єкти) являють собою по суті великі, складні й багатофункціональні комплекси, що поєднують значну кількість різномісних функціональних блоків, підсистем і їхніх зв'язків, що експлуатуються в екстремальних умовах.

Відомо, що при створенні аерокосмічної техніки розробляються і використовуються численні інформаційні технології і апаратні засоби для забезпечення функціональної стійкості. З 60-х років минулого сторіччя почалися інтенсивні дослідження, пов'язані зі створенням методів проектування систем керування, здатних парити можливі позаштатні режими функціонування. В основу цих методів був покладений принцип надмірності апаратних засобів і їхнього експериментального відпрацювання. Потім почалися наукові дослідження, спрямовані на вивчення потенційних можливостей мажоритарних способів парити наслідків відмов.

Істотна масштабність і унікальність цих систем зумовлюють уразливість їх до дії таких дестабілізуючих факторів функціонування, як різні поломки, несправності, збої, а в загальному – катастрофи, аварії, відмови. Всі ці аномалії свідчать про неповну досконалість створюваних технічних об'єктів, а отже, таких їхніх компонентів, як системи керування. Основна причина недосконалості – низький “інтелектуальний рівень” систем управління відносно дестабілізуючих факторів – відмов. Ефективний шлях компенсації відмов – додання системі управління властивості функціональної стійкості. *Під функціональною стійкістю розуміють здатність складного об'єкту відновлювати функції системи після появи відмов.* Реалізація цієї властивості можлива з використанням як процедури резервування, так й процедури перерозподілу інформаційних, обчислювальних, енергетичних ресурсів у системі керування. Однією із продуктивних ідей, запозичених фахівцями у природи, є самоорганізація.

Відомі традиційні підходи до побудови адаптивних систем не дозволяють у більшості випадків забезпечити функціональну стійкість систем, тому актуальним є пошук нових підходів, зокрема, з використанням ідеї самоорганізації. Проблематика забезпечення функціональної стійкості складного об'єкту за допомогою самоорганізації представляється щодо нової й актуальної як у теоретичному, так і в прикладному планах.

Цю задачу пропонується вирішувати у 4 етапу.

На першому етапі (етап діагностування) здійснюється контроль за станом функціонування складного об'єкту та у випадку порушень умов нормального функціонування формується команда «аварія». По змісту це є діагностика у реальному часі.

На другому етапі (етап ідентифікації) здійснюється ідентифікація причини порушення умов нормального функціонування.

Третій етап (етап вилучення) передбачає усунення елементів (блоків, підсистем), які спричинили порушення умов нормального функціонування.

Четвертий, заключний, етап (етап перерозподілу) передбачає перерозподіл залишених в системі управління працездатних ресурсів (інформаційних, обчислювальних, енергетичних) таким чином, щоб зберегти можливість виконання складним об'єктом визначених функцій.

**Етап діагностування.** На першому етапі забезпечення функціональної стійкості формується комплекс взаємозалежних моделей, правил, методів, алгоритмів і засобів, названих *діагностичним забезпеченням*.

Метою першого етапу забезпечення функціональної стійкості є визначення технічного стану об'єкта, тобто одержання *діагнозу*: *визначення чи в працездатному стані знаходиться складний об'єкт, або в стані відмови*.

*Працездатний стан* – це стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної й (або) конструкторської документації.

*Відмова* – подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, обумовлена низькою надійністю елементів і зв'язків, неправильною експлуатацією, шкідливим впливом середовища й інших причин.

У теорії надійності відмови розглядають як імовірнісні події, отже, для оперування такими подіями використовують інструментарій теорії ймовірностей, і визначають параметри об'єкта: наробіток на відмову, наробіток між відмовами й т.п. Однак для визначення причини відмови й відбивання його впливу на систему управління теорія ймовірностей не має у своєму розпорядженні підходящі інструментальні засоби. Тому введемо наступні поняття:

*Вид відмови* – опис конкретного фізичного прояву відмови. Для систем керування розглядають види відмов інформаційної, обчислювальної, виконавчої (енергетичної) підсистем, руйнування самого об'єкту управління.

*Місце відмови* – це конструктивно закінчена частина об'єкта діагностування, у якій з'явився конкретний вид відмови.

Всі відомі способи і методи забезпечення функціональної стійкості системи керування можна класифікувати по використовуваних технологіях на три таких узагальнених підходи - структурний, алгоритмічний і системний.

Використання технології структурної надмірності лежить в основі структурного підходу. Відповідно до цього підходу систему управління доповнюють новими елементами й зв'язками. Ряд способів полягає у використанні резервування. Структурна надмірність може вводиться за допомогою додаткових контурів сигнального і параметричного підстроювань основної системи керування.

Алгоритмічний підхід полягає у використанні технології компенсації. При цьому розробляються такі алгоритми обробки вимірювальної інформації й алгоритмів формування керуючих впливів, які забезпечать збереження працездатності системи керування при виникненні будь-яких відмов із заданої множини.

Системний підхід до забезпечення функціональної стійкості системи керування характеризується застосуванням технології самоорганізації для підтримки працездатності системи при можливих видах відмов функціональних елементів.

Отже, *під функціональною стійкістю системи керування розуміють її здатність діагностувати і відновлювати працездатність із появою видів відмов із заданої множини*.

**Технологія системного підходу до забезпечення функціональної стійкості системи керування (етапи діагностування та ідентифікації).**

Ця технологія передбачає використання трьох підходів: *ієрархічне забезпечення функціональної стійкості; діагностування причин відмов; гнучке відбивання наслідків відмов*.

Використання першого підходу приводить до формування *елементного, системного й надсистемного рівнів забезпечення функціональної стійкості*. Із усієї множини можливих, критичних для системи керування відмов  $D = \{d_i\}_1^q$  вибираються види відмов  $d_i \in D_1 \subset D$ , які можуть бути відбиті на рівні функціональних елементів: датчиків, обчислювачів, органів керування (регуляторів). Підмножина  $D_1$  формується виходячи з наявного обсягу елементної й алгоритмічної надмірності. Для системного рівня формується підмножина видів відмов  $D_2 \subset D$ , парируваних за допомогою засобів системної надмірності. На надсистемному рівні парируються види відмов з підмножини  $D_3 \subset D$  за допомогою внесистемних засобів надмірності, таких, як, наприклад, перехід на ручне керування технічним об'єктом, аварійна зупинка об'єкта, зміна режиму функціонування об'єкта й ін.

Підхід *діагностування* полягає у визначенні конкретних видів відмов  $d_i, i = \overline{1, q}$  на підставі доступних вимірів. Діагностування здійснюється на кожному рівні забезпечення функціональної стійкості. Діагностування реалізується за допомогою сигнально-параметричного підходу. Суть підходу полягає в комплексному рішенні ряду завдань (рис. 1).

Перше завдання діагностування полягає у виявленні факту появи будь-якого виду відмови з множини  $D_i, i = \overline{1,3}$ . Наступне завдання - це пошук місця відмови. Далі вирішується завдання визначення виду відмови (ідентифікація конкретного виду відмови), що викликали позаштатне, аварійне функціонування об'єкта. Для кожного з описаних завдань будуються свої діагностичні моделі.

Діагностичні моделі – це новий клас математичних моделей, що зв'язують непрямі сигнальні ознаки із прямими параметричними ознаками видів відмов.

Суть принципу гнучкого відбивання наслідків видів відмов складається з формування для кожного виду (у ряді випадків, можливо, і декількох видів відмов) всіх можливих варіантів відбивання конкретної позаштатної ситуації на основі наявних резервних засобів. Для кожного варіанта встановлюється відносний пріоритет, необхідний для формування адаптивної процедури використання відповідних елементів надмірності з підмножини  $R_i = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$ .

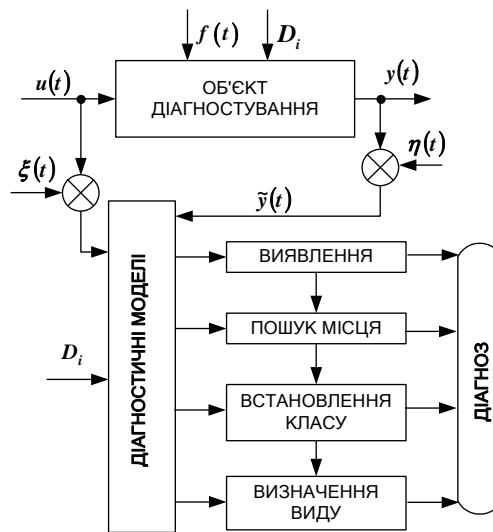


Рис. 1 – Структура системи діагностування

На рис. 2 показана сукупність завдань гнучкого парирування наслідків видів відмов. Використання описаних підходів приводить до нової структури системи керування, укрупнена блок-схема якої зображена на рис. 3.

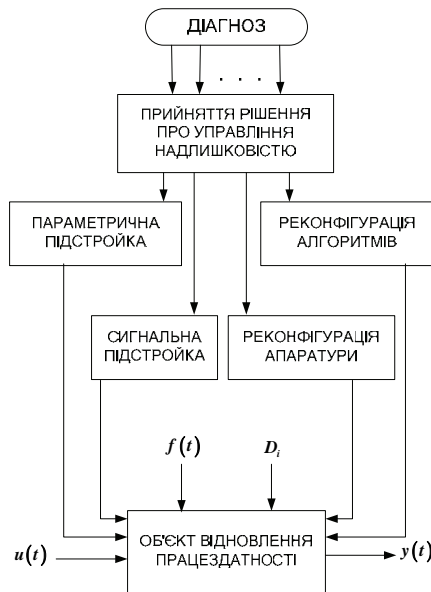


Рис. 2 – Структура системи гнучкого парирування наслідків відмов

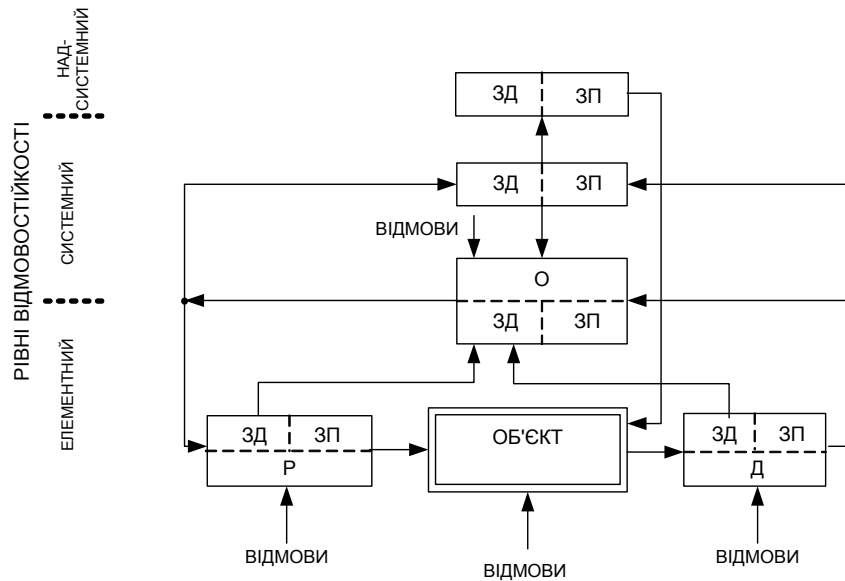


Рис.3 – Блок-схема функціонально стійкої систем и керування

На першому, елементному рівні функціонально стійка система управління СУ складається з об'єкта керування, датчиків (Д), обчислювачів, (О) і регулятора (Р), що включають у себе засоби діагностування (ЗД) і парирування (ЗП) видів відмов. На другому, системному рівні проводяться процедури діагностування всієї системи керування, а також парирування видів відмов за допомогою системних засобів. Крім того, з елементного рівня при недостатніх ресурсів надмірності результати діагностування передаються на другий рівень. На надсистемному рівні діагностується якість функціонування нижніх рівнів і парируються аварійні ситуації за допомогою наявних засобів.

Аналіз відомих підходів до забезпечення функціональної стійкості систем керування з позиції встановлення загальних закономірностей технології проектування дозволив виявити найбільш характерні взаємозалежні етапи.

*Етап 1.* Вивчення об'єкта дослідження. На основі вивчення призначення, принципу дії, умов функціонування, вимог до працездатності формують різні моделі: вербальні, графічні, математичні, машинні. Одержують для номінального режиму статистичні, тимчасові й частотні характеристики як для функціональних елементів, так і для всієї системи в цілому. Виявляють потенційно аварійні компоненти, елементи, фрагменти системи, що істотно впливають на працездатність. Досліджують вплив їхніх видів відмов на характер функціонування і показники працездатності. Визначають можливі додаткові ресурси для відновлення працездатності системи керування.

*Етап 2.* Формування множини видів відмов. Функціональна стійкість системи керування не може бути забезпечена для невизначеної множини видів відмов, а також для врахованої множини великої потужності. Тому потрібно сформувані в результаті різних компромісів раціональне діагностування й парирувану множину видів відмов. Також потрібно встановити всі властивості видів відмов, зв'язані зі ступенем впливу на працездатність, з характером прояву, виникнення і т.п. Таке формування множини видів відмов рятує від необхідності займатися взагалі «усім, що може відмовити», а отже, сформувані конструктивні шляхи ефективного досягнення функціональної стійкості.

*Етап 3.* Побудова математичних і машинних моделей для позаштатних режимів системи керування. На цьому етапі для сформованої множини видів відмов визначають відповідні параметри, що однозначно їх характеризують, і встановлюють можливі діапазони їхньої зміни. Після параметризації видів відмов будуються формальні моделі потенційно аварійних елементів, компонентів, фрагментів і всієї системи в цілому для заданої множини видів відмов. Методологія моделювання позаштатних режимів функціонування системи керування така ж, як і при моделюванні номінальних режимів. Отримані діагностичні моделі досліджують на придатність діагностування, що означає можливість однозначного встановлення по доступним виміру непрямым ознакам відповідних прямих ознак відмов.

*Етап 4.* Вибір кількісних критеріїв функціональної стійкості. Для кількісної оцінки рівня функціональної стійкості розробленої системи керування, а також для структурного й параметричного синтезу нечутливої до відмов системи вибирають відповідні критерії. При виборі критеріїв велике значення має накопичений досвід, знання про призначення системи керування і вимогах до її працездатності. На початкових етапах розробки (аванпроект і ескізний проект) доцільне визначити один пріоритетний критерій, а на наступних етапах його доповнювати іншими – другорядними критеріями. У

більшості випадків у якості основних кількісних характеристик можуть обиратися, наприклад, функції А.М. Ляпунова на множині видів відмов, інтегральні квадратичні функціонали від векторів змінних стани і керування, середній ризик, що характеризує зважений ризик системи керування при виконанні своїх функцій, середньоквадратичне значення помилки функціонування системи, мінімальна кількість відмов, при яких система зберігає працездатність.

*Етап 5.* Розробка алгоритмів діагностування. Призначення алгоритмів діагностування складається з одержання діагнозу, що означає виявлення будь-якого виду відмов, знаходження місця його виникнення, а також у визначенні його характеристик, необхідних для процедур відновлення працездатності системи керування. Якість функціонування алгоритмів діагностування оцінюють за критеріями точності, вірогідності і оперативності виявлення видів відмов.

*Етап 6.* Синтез алгоритмів відновлення працездатності. Після одержання діагнозу, виходячи з можливих надлишкових ресурсів (інформаційних, обчислювальних, енергетичних), формують алгоритми відновлення працездатності системи керування. Функція алгоритмів відновлення полягає в переведенні системи керування з непрацездатного стану до працездатного або безпечний стан функціонування.

*Етап 7.* Оцінка показників функціональної стійкості. Одержати оцінки функціональних можливостей і якісних характеристик розробленої системи в замкнутій формі не представляється можливим. Це спричиняє необхідність проведення аналітичного моделювання, машинного імітаційного моделювання або їхньої комбінації, за результатами яких формуються оцінки функціональної стійкості за допомогою обраних критеріїв. Наприклад, якщо як критерій функціональної стійкості обрано якесь мінімальне число відмов, що витримується системою, то при аналізі функціональної стійкості необхідно довести, що система зберігає працездатність для будь-яких відмов, у сукупності не перевищуючих заданого числа. Таким чином, на цьому етапі перевіряють відповідність системи всім пропонованим вимогам і критеріям. З появою невідповідностей аналізуються їхні причини і усуваються шляхом повернення до відповідного етапу методології і здійснення необхідної доробки.

#### **Технологія формування діагностичної моделі.**

Для формального опису позаштатних режимів систем керування можуть використовуватися різні діагностичні моделі (ДМ). ДМ дозволяють описувати причинно-наслідкові зв'язки можливих аварій, формувати підходи до діагностування функціонального стану і відновлення працездатності систем керування, оцінювати можливість виявлення видів відмов, пошуку місця їхнього виникнення, встановлення класу. Використання ДМ дає можливість цілеспрямовано вибрати непрямі діагностичні ознаки СУ і сформувати алгоритми рішення відповідних завдань діагностування, а також обґрунтовано вибрати функціональний критерій *відмовостійкості* всієї системи.

Діагностичні моделі по суті своєї являють собою новий специфічний для систем керування клас вербальних, графічних, математичних і машинних моделей. ДМ відображають за допомогою різних формальних інструментальних засобів причинно-наслідкові зв'язки позаштатних режимів СУ. Методики побудови ДМ базуються на методиках побудови традиційних управлінських вербальних, графічних, математичних і машинних моделей систем керування.

При розробці діагностичного забезпечення системи керування доводиться вирішувати наступні основні завдання : виявлення відмов; пошук місця відмови; встановлення класу. Кожне з таких завдань має специфічність як у постановці, так і у використовуваних методах рішення. У зв'язку із цим при рішенні кожного завдання використовують свій тип машинних діагностичних моделей (МДМ), що відбивають особливості тільки даного обчислювального завдання. Причому такі МДМ зв'язані між собою ієрархічною схемою, у якій на верхньому рівні перебувають МДМ для виявлення відмов, на середньому рівні розташовуються МДМ для пошуку місця відмови, а на третьому рівні - МДМ для рішення завдання встановлення класу.

Побудова ієрархії МДМ починається з моделей третього рівня. Для цього відповідно до методології вивчають об'єкт дослідження - конкретну систему керування (перший етап), потім на другому етапі формують множину потенційно можливих фізичних видів відмов системи керування. Цю множину видів відмов визначають у результаті дослідницької роботи, пов'язаної з аналізом характеристик надійності, досвіду експлуатації подібних систем керування і використовуваних функціональних елементів, агрегатів, блоків, підсистем, можливих ресурсів для відновлення працездатності і інших характеристик. Тут же виявляють і можливі типи відмов по таких ознаках, як ступінь впливу на працездатність системи керування, характер прояву, зв'язок з іншими відмовами, частота прояву, характер виникнення. В остаточному підсумку формують множину фізичних видів відмов, стосовно яких система повинна бути функціонально стійкою.

З метою викладу принципів побудови ієрархії МДМ введемо для  $v$ -го функціонального елемента системи керування наступне позначення цієї множини:

$$D_v = \{d_1, d_2, \dots, d_q\}, \quad (1)$$

де  $d_i$  –  $i$ -й фізичний вид відмови. Наприклад, для гіроскопічного датчика кута  $d_1$  – зменшення чутливості до 5%;  $d_2$  – зменшення чутливості до 10%;  $d_3$  – відхід рамки гіроскопа на  $0,5^\circ$ ;  $d_4$  – обрив сигнального проводу та інше.

Розглянемо особливості формування рівнянь МДМ для завдання встановлення класу. Класи можливих видів відмов формуються в результаті параметризації множини  $D_v$  для кожного функціонального елемента, блоку, підсистеми, тобто для кожної конструктивно закінченої частини системи керування. При цьому можливі ситуації, коли для декількох елементів безлічі  $D_v$  вдається знайти один параметр, що характеризує особливості цілого класу видів відмов. У ряді випадків  $\exists d_i, d_i \in D_v$ , для яких можна вибрати параметр, що характеризує даний клас. Отже, у результаті параметризації формують множину параметрів класів

$$\mathcal{A} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\eta\}, \quad \forall \alpha_i \in [\alpha_i]. \quad (2)$$

Тут  $[\alpha_i]$  – дійсне інтервальне число, тобто інтервал множини можливих значень;  $\eta \leq q$ .

Для  $v$ -го функціонального елемента СУ, збуреного щодо номінального руху, опишемо в канонічній спостережуваній формі за допомогою наступної машинної системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \tilde{x}(k+1) &= \tilde{A}_1 \tilde{x}(k) + \tilde{B}_1 u(k); \\ \tilde{y}(k) &= C_1 \tilde{x}(k) + \tilde{D}_1 u(k); \quad \tilde{x}(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\tilde{x}(k)$  –  $v_1$ -мірний вектор стану аварійного функціонального елемента,  $\tilde{x}(k) \in X^{v_1}$ ;  $u(k)$  –  $v_2$ -мірний вектор керуючих впливів функціонального елемента,  $u(k) \in U^{v_2}$ ;  $\tilde{y}(k)$  –  $v_3$ -мірний вектор вимірів,  $\tilde{y}(k) \in Y^{v_3}$ ;  $\tilde{A}_1, \tilde{B}_1, C_1$  – матриці коефіцієнтів відповідних розмірностей;  $k = 0, 1, 2, \dots$ .

Машинна діагностична ML-модель для  $i$ -го класу відмов описується у вигляді

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G_i \Delta x + \left[ A_{\alpha_i} \hat{x}(k) + B_{\alpha_i} u(k) \right] \Delta \alpha_i; \\ \Delta y(k) &= C \Delta x(k) + \left[ D_{\alpha_i} u(k) + F_{\alpha_i} \right] \Delta \alpha_i; \quad \Delta x(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\Delta x(k) = \tilde{x}(k) - \hat{x}(k)$ ,  $\hat{x}(k)$  – оцінене значення вектора стану, отриманий за допомогою фільтра Льюенбергера;  $A_{\alpha_i}, B_{\alpha_i}, D_{\alpha_i}, F_{\alpha_i}$  – матриці чутливості по параметру  $\alpha_i$ ;  $\Delta \alpha_i = \alpha_i - \alpha_{ii}$ ,  $\alpha_{ii}$  – номінальне значення параметра класу.

Для рішення завдання пошуку місця відмови доцільно сформувати множину параметрів, що однозначно характеризує елементи, компоненти, блоки або фрагменти СК, забезпечені ресурсами по відновленню її працездатності. Сформувавши таку множину

$$\mathcal{B} = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_\lambda\}, \quad \forall \beta_i \in [\beta_i], \quad i = \overline{1, \lambda}, \quad (5)$$

будують лінеаризовану машинну модель СК для всіх доступних вимірів у класі кінцево-різницевої рівнянь у канонічній спостережуваній формі

$$\begin{aligned} \tilde{x}(k+1) &= \tilde{A}_2 \tilde{x}(k) + \tilde{B}_2 u(k); \\ \tilde{y}(k) &= C_2 \tilde{x}(k); \quad \tilde{x}(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (6)$$

тут  $\tilde{x}(k)$  –  $n$ -мірний вектор стану аварійної СУ,  $\tilde{x}(k) \in X^n$ ;  $u(k)$  –  $r$ -мірний вектор керуючих впливів СУ,  $u(k) \in U^r$ ;  $\tilde{y}(k)$  –  $l$ -мірний вектор вимірів із всіх контрольних крапок,  $\tilde{y}(k) \in Y^l$ ;  $\tilde{A}_2, \tilde{B}_2, C_2$  – матриці відповідних розмірностей.

Машинна діагностична ML-модель для  $i$ -го параметра описується такими рівняннями:

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G_2 \Delta x(k) + \left[ A_{\beta_i} \hat{x}(k) + B_{\beta_i} u(k) \right] \Delta \beta_i; \\ \Delta x(k) &= C_2 \Delta x(k); \quad \Delta x(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (7)$$

тут  $\Delta \beta_i = \beta_i - \beta_{ii}$ ,  $\beta_{ii}$  – номінальне значення  $i$ -го параметра;  $A_{\beta_i}$  і  $B_{\beta_i}$  – матриці часток похідних матриць  $\tilde{A}_2, \tilde{B}_2$  по параметру  $\beta_i$ ;  $\Delta y(k) = \tilde{y}(k) - C \hat{x}(k)$ ,  $\hat{x}(k)$  – льюенбергерівська оцінка вектора стану системи.



МД для рішення завдання виявлення відмов будують із використанням множини параметрів  $\gamma$ , що характеризують вплив відмов із заданої для СУ множини  $D = U_v D_v$  на доступні виміру вихідні сигнали. Вибирають мінімально можливе число параметрів, що дозволяють визначити якісний вплив всіх потенційних можливих відмов на компоненти вектора вихідного сигналу системи. У результаті такого вибору одержують

$$\mathcal{S} = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_\mu\}, \quad \forall \gamma_i \in [\gamma_i], \quad i = \overline{1, \mu}. \quad (8)$$

Використовуючи ці параметри і знання про СК, будують канонічну математичну модель у спостережуваній формі наступного виду:

$$\begin{aligned} \tilde{x}(k+1) &= \tilde{A}_3 \tilde{x}(k) + \tilde{B}_3 u(k); \\ y(k) &= C_3 \tilde{x}(k); \quad \tilde{x}(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $\tilde{x}(k)$  –  $n$ -мірний вектор стану аварійної системи,  $\tilde{x}(k) \in X^n$ ;  $u(k)$  –  $r$ -мірний вектор керування,  $u(k) \in U^r$ ;  $\tilde{y}(k)$  –  $m$ -мірний вектор доступних вимірів системи,  $\tilde{y}(k) \in Y^m$ ,  $\tilde{A}_3, \tilde{B}_3, C_3$  – матриці відповідних розмірностей.

При використанні для відтворення еталонного поведіння СУ фільтра Льюенбергера в такій формі:

$$\begin{aligned} \hat{x}(k+1) &= G\hat{x}(k) + K\tilde{y}(k) + Bu(k); \\ \hat{y}(k) &= C\hat{x}(k); \quad \hat{x}(k_0) = 0, \end{aligned} \quad (10)$$

де  $\hat{x}(k)$  –  $n$ -мірна оцінка вектора стану системи;  $G, K, B, C$  – матриці фільтра відповідних розмірностей, машинна діагностична ML-модель для  $i$ -го параметра буде описуватися наступними рівняннями:

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G\Delta x(k) + [A_{\gamma_i} \hat{x}(k) + B_{\gamma_i} u(k)] \Delta \gamma_i; \\ \Delta y(k) &= C\Delta x(k); \quad \Delta x(k_0) = \tilde{x}_0, \end{aligned} \quad (11)$$

тут  $\Delta x(k) = \tilde{x}(k) - \hat{x}(k)$ ;  $A_{\gamma_i}, B_{\gamma_i}$  – матриці коефіцієнтів чутливості матриць  $\tilde{A}_3, \tilde{B}_3$  по параметру  $\gamma_i$ ;  $\Delta \gamma_i = \gamma_i - \gamma_{ii}$ ,  $\gamma_{ii}$  – номінальне значення параметра.

*Побудова МДМ способом експериментально-аналітичних досліджень.* Для лінеаризованої СК з відомою структурою машинної математичної моделі будують для штатних режимів функціонування за допомогою параметричної ідентифікації моделі виду

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k); \\ y(k) &= Cx(k); \quad x(k_0) = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Отримані значення матриць  $A, B$  і  $C$ , а також значення входу  $u(k)$  й виходу  $\tilde{y}(k)$  використовують для відтворення поточних значень оцінки  $\hat{y}(k)$  за допомогою фільтра Льюенбергера. Потім імітують у реальній, напівнатурній або машинній СК прояв фізичних видів відмов з множини  $D$  і отримані значення сигналів обробляють за наступним правилом:

$$\Delta y(k) = \tilde{y}(k) - \hat{y}(k), \quad \forall k, \quad k \in T;$$

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } \sum_k |\Delta y_j(k)| \geq \delta_{j_0}; \\ 0 & \text{при } \sum_k |\Delta y_j(k)| < \delta_{j_0}; \quad \forall k \in T; \quad j = \overline{1, m}, \end{cases} \quad (13)$$

де  $T$  – множина дискретних значень моментів часу, що відповідають інтервалу спостереження;  $\Delta y_j(k)$  – величина  $j$ -й координати вектора  $\Delta y(k)$ ;  $\delta_{j_0}$  – граничне значення припустимої зміни  $j$ -й координати.

Отримані значення змінної  $S_{ij}$  дозволяють відобразити результати досліджень за допомогою таблиці впливу відмов (ТВВ), що представляє собою найпоширеніший різновид логічних діагностичних моделей (табл. 1). ТВВ формується для функціонального режиму при подачі робочих впливів  $u(k)$ .

Мінімізація ТВВ за допомогою відомих процедур дозволяє сформулювати мінімальні сукупності ознак  $\Delta y_i(k)$ , що забезпечують однозначне рішення відповідного діагностичного завдання.

Таблиця 1

*Загальний вид логічної діагностичної моделі*

$d_i$	Ознаки $\Delta y_j(k)$			
	$\Delta y_1(k)$	$\Delta y_2(k)$	...	$\Delta y_m(k)$
$d_1$	$S_{11}$	$S_{12}$	...	$S_{1m}$
$d_2$	$S_{21}$	$S_{22}$	...	$S_{2m}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$d_q$	$S_{q1}$	$S_{q2}$	...	$S_{qm}$

### Критерії діагностування.

Для оцінки принципової можливості визначення по непрямим доступних вимірах таких характеристик відмов, як момент появи, місце і клас, використовують критерії діагностування.

*Діагностованість* – це властивість СК, яка характеризує можливість однозначного встановлення в ній факту наявності відповідної прямої ознаки будь-якої відмови із заданої множини за доступним спостереженням непрямим ознакам протягом кінцевого інтервалу часу.

В залежності від основних завдань діагностування, а також ієрархічних рівнів МД будемо розглядати критерії діагностування появи відмов, їхнього місця і класу. Діагностованість залежить від структури СК, тобто способу з'єднання функціональних елементів і шляхів поширення інформації про відмови, а також від сигнальних властивостей, тобто кількості і якості інформації у вимірюваних сигналах, викликаних відповідними впливами. У зв'язку із цим для оцінки можливості встановлення факту наявності відповідної прямої ознаки відмови використовують критерії структурної і сигнальної діагностованості. Слід зазначити, що критерії будемо розглядати в малому, для так званих «малих» відмов, що характеризуються зміною як прямих, так і непрямих ознак поблизу околиці їх номінальних значень. Процеси, що відбуваються в СК при «малих» відмовах, описуються раніше розглянутими відповідними машинними діагностичними МЛ-моделями. Висновки, отримані відносно діагностованості для малих відмов, у ряді практичних випадків справедливі і для більших відмов.

Для оцінки діагностованості аварійної СК щодо появи відмов сформуємо виходячи із МДМ (11) відповідну матрицю  $P_{\gamma_i}$ , що включає в себе матриці коефіцієнтів чутливості по параметру  $\gamma_i$

$$P_{\gamma_i} = [A_{\gamma_i} \quad B_{\gamma_i}] \quad (14)$$

і складений вектор сигналів

$$v_{\gamma_i}^T(k) = [\hat{x}(k) \quad u(k)], \quad (15)$$

де  $T$  – символ транспонування.

*Критерій структурної діагностованості.* Система керування структурно діагностуєма в малому щодо появи відмов, якщо складена матриця  $P_{\gamma_i} \neq 0 \quad \forall i, i = \overline{1, \mu}$ .

Отже, для оцінки структурних властивостей потрібно сформувати всі матриці  $P_{\gamma_i}$ ,  $i = \overline{1, \mu}$  і провести якісний аналіз їхніх коефіцієнтів. Якщо система структурно діагностуєма, то їй будуть відповідати матриці  $P_{\gamma_i}^*$ ,  $i = \overline{1, \mu}$ .

*Критерій сигнальної діагностованості.* Система керування сигнально діагностуєма в малому щодо появи відмов, якщо  $\exists u(k) \in U'$  й  $\exists k, k \in T$ , що  $|\Delta y_i(k)| \geq \delta_{io}, \quad \forall i, i = \overline{1, \mu}$ .

Вектор  $\Delta y_i(k)$  формується із системи рівнянь (5.11) за умови повної структурної діагностованості, а саме:

$$\begin{aligned} \Delta x(k+1) &= G\Delta x(k) + P_{\gamma_i}^* v_{\gamma_i} \Delta \gamma_i; \\ \Delta y(k) &= C\Delta x(k), \quad \Delta x(k_0) = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Отже, критерій сигнальної діагностованості дозволяє встановити можливість виявлення відмов при  $u(k) \in U'$ . Якщо  $\Delta x(k_0) = \tilde{x}_0 \neq 0$ , то виконання умови  $|\Delta y_i(k)| \geq \delta_{io}$  перевіряють після зникнення помилки в початковому стані, тобто після закінчення перехідного процесу в МДМ (16).

*Критерії діагностованості місця відмови*

Введемо в розгляд такі характеристики для МДМ (7):

$$M_{\beta_i} = [A_{\beta_i} \quad B_{\beta_i}] \quad (17)$$

і складений вектор

$$v_{\beta}^T(k) = [\hat{x}(k) \quad u(k)]. \quad (18)$$

Приведемо в термінах цих характеристик відповідні критерії діагностованості для однократних відмов.

*Критерій структурної діагностованості. Система керування структурно діагностуєма в малому щодо місця відмов, якщо матриці  $M_{\beta}$ ,  $i = \overline{1, \lambda}$  лінійно незалежні у всіх попарних сполученнях.*

Матриці структурно діагностуємої системи позначимо як  $M_{\beta}^*$ ,  $i = \overline{1, \lambda}$ .

*Критерій сигнальної діагностованості. Система керування сигнально діагностуєма в малому щодо місця відмов, якщо  $\exists u(k) \in U^r$  таке, що вектори  $M_{\beta}^* v_{\beta}(k)$ ,  $i = \overline{1, \lambda}$  лінійно незалежні у всіх попарних сполученнях.*

Кількість сполучень обчислюють по формулі  $C_{\lambda}^2 = \frac{\lambda(\lambda-1)}{2!}$ . Наведені критерії справедливі і для «більших» відмов, тобто у великому, якщо вектори  $M_{\beta}^* v_{\beta}(k)$  мають у попарних сполученнях різну структуру, а також якщо структура векторів у якомусь сполученні однакова, але параметри  $\beta_i$  й  $\beta_j$  входять лінійно у вираження коефіцієнтів матриць системи (6).

*Критерії діагностованості класу відмов*

Для МЛ-моделі, що описує  $i$ -й клас відмов (4), уведемо матрицю  $K_{\alpha}$ , що характеризує структурні властивості, у такій формі:

$$K_{\alpha} = \begin{bmatrix} A_{\alpha} & B_{\alpha} & 0 \\ 0 & D_{\alpha} & F_{\alpha} \end{bmatrix} \quad (19)$$

і складений вектор

$$w_{\alpha}^T(k) = [\hat{x}(k) \quad u(k) \quad 1]. \quad (20)$$

Тоді для однократних відмов справедливі наступні критерії.

*Критерій структурної діагностованості. Підсистема керування структурно діагностуєма в малому щодо класу відмов, якщо матриці  $K_{\alpha}$ ,  $i = \overline{1, \eta}$  лінійно незалежні у всіх попарних сполученнях.*

Позначимо матриці структурно діагностуємої системи як  $K_{\alpha}^*$  і перейдемо до аналізу сигнальних властивостей.

*Критерій сигнальної діагностованості. Підсистема керування сигнально діагностуєма в малому, якщо  $\exists u(k) \in U^{v_2}$  таке, що вектори  $K_{\alpha}^* w_{\alpha}(k)$ ,  $i = \overline{1, \eta}$  лінійно незалежні у всіх попарних сполученнях.*

Сформовані критерії для малих відмов справедливі й для більших у тих випадках, коли вектори  $K_{\alpha}^* w_{\alpha}(k)$  мають різну структуру, а також при однаковій структурі векторів з параметрами  $\alpha_i$ , що лінійно входять в елементи матриць системи.

Розглянуті критерії діагностованості появи відмов, місця, класу відмов дозволяють не тільки встановити можливість однозначного визначення відповідних характеристик відмов при заданих умовах. Так, критерії структурної діагностованості дають можливість установити, скільки і які контрольні крапки потрібно для забезпечення структурної діагностованості СК або її фрагментів у результаті аналізу лінійно залежних попарних сполучень складених матриць. Критерії сигнальної діагностованості дозволяють вибирати режим діагностування: (функціональний, тестовий або комбінований), а також формувати закон зміни керуючого впливу, що забезпечує сигнальну діагностованість.

#### **Критерії функціональної стійкості**

Працездатність СК характеризується виконанням ряду вимог, наприклад, по запасах стійкості, часу перехідного процесу, точності й ін. Відмова в СК приводить до порушення її працездатності, а отже, до зміни характеристик працездатності. Для забезпечення функціональної стійкості спроектована СК повинна мати здатність відновлювати свою працездатність із появою відмов із заданої множини. Відновити працездатність означає в буквальному значенні «повернути» характеристики в діапазони, що відповідають нормальному функціонуванню СК, за допомогою сигнальної або (і) параметричної підстройки, заміни повністю елементів, блоків або підсистем, що відмовили, справними, використання замість сигналів пошкоджених функціональних датчиків відновлених оцінених значень, переходу на інші алгоритми керування, застосування ряду інших додаткових ресурсів.

Припустимо, що в СК відбулася одна відмова або декілька, які можуть бути парирувані на системному рівні. Нехай ця аномалія характеризується параметром  $\gamma_i$ , тоді машинна діагностична ML-модель описується в такий спосіб:

$$\begin{aligned}\Delta x(k+1) &= G\Delta x(k) + A_{\gamma_i} \hat{x}(k)\Delta\gamma_i + B_{\gamma_i} u(k)\Delta\gamma_i; \\ \Delta y(k) &= C\Delta x(k); \quad \Delta x(k_0) = \tilde{x}_0.\end{aligned}\quad (21)$$

Перетворимо ці рівняння до виду

$$\Delta y(k+1) = CG\Delta x(k) + C \begin{bmatrix} A_{\gamma_i} & B_{\gamma_i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}(k) \\ u(k) \end{bmatrix} \Delta\gamma_i.$$

В силу того, що матриця  $G$  може бути обрана діагональною з однаковими власними значеннями, а матриця  $C$  в канонічній спостережуваній формі має коефіцієнти 0 або 1, перший доданок можна представити в такій формі:  $G'\Delta y(k)$ , тут  $G'$  – діагональна матриця з тими ж власними значеннями, але  $\dim G' = (m \times m)$ . У другому доданку позначимо матрицю  $C \begin{bmatrix} A_{\gamma_i} & B_{\gamma_i} \end{bmatrix} = L_{\gamma_i}$  і введемо вектор сигналів (15). Тоді з урахуванням нових позначень

$$\Delta y(k+1) = G'\Delta y(k) + L_{\gamma_i} v_{\gamma_i}(k)\Delta\gamma_i, \quad \Delta y(k_0) = \tilde{y}_0. \quad (22)$$

По суті це рівняння описує відхилення збуреного руху СК щодо еталонного поведіння, відтвореного фільтром Льюенбергера (10). Матриця  $L_{\gamma_i}$  визначає напрямки передачі й величину збурюючого впливу. Матриця  $G'$  характеризує власну динаміку процесу одержання відхилень збуреного руху. У термінах цієї моделі завдання відновлення працездатності СК полягає в тому, щоб усунути відхилення  $\Delta y(k)$ , тобто забезпечити виконання умови  $\lim_{k \rightarrow \infty} \Delta y(k) = 0$  при  $k \rightarrow \infty$ . З погляду теорії стійкості виконання такої умови означає асимптотичну стійкість руху скорегованої системи щодо її еталонної моделі.

Для усунення відхилення  $\Delta y(k)$ , викликаного збурюванням  $v_{\gamma_i}(k)\Delta\gamma_i$ , потрібні відповідні пристрої автоматичної стабілізації, що виконують сигнальне, параметричне підстроювання або реконфігурацію структури на підставі відхилення  $\Delta y(k)$ . У загальному випадку контур такого відновлення працездатності описується рівняннями

$$\begin{aligned}\Delta y(k+1) &= G'\Delta y(k) + L_{\gamma_i} F[\sigma(k)]; \\ \sigma(k+1) &= \sigma(k) + \Psi(k)T_0,\end{aligned}\quad (23)$$

де  $F[\cdot]$  – вектор нелінійних функцій пристрою стабілізації;  $\sigma(k)$  – вектор керуючих впливів стабілізатора;  $\Psi(k)$  – вектор формування керуючих впливів;  $T_0$  – період квантування. Вектор  $F[\cdot]$  відбиває обмежені можливості відновлення і описує функції відповідних пристроїв.

При використанні сигнального підстроювання для відновлення працездатності функція  $F[\cdot]$  описує алгоритм пристрою, що генерує додатковий сигнал до керуючого впливу  $u(k)$ . При параметричному підстроюванні  $F[\cdot]$  описує закон зміни підстроюваного параметра. Якщо виконується реконфігурація алгоритмів або апаратури, то  $F[\cdot]$  описує функції відповідних комутаторів, що відключають елементи, що відмовили, і підключають резервні. При використанні рівнянь (23) для формування керуючих впливів  $\sigma(k)$  з метою забезпечення асимптотичного збурення до нуля вектора відхилень  $\Delta y(k)$  найбільш прийнятний другий метод Ляпунова.

Таким чином, більш природно і доцільно для синтезу контурів відновлення працездатності СК, а також для оцінки якості функціонування відмовостійкості системи використати критерій у формі функцій Ляпунова

$$\begin{aligned}V[\Delta y(k)] &= \Delta y^T(k)Q\Delta y(k); \\ V[\Delta y(k)] &= \|\Delta y(k)\|,\end{aligned}\quad (24)$$

де  $Q$  – симетрична, позитивна матриця;  $\|\Delta y(k)\|$  – норма вектора  $\Delta y(k)$ .

Ці функції по суті своєї характеризують стійкість системи до сигнальних і параметричних збурювань, що описують дії відмов із заданої множини. У зв'язку із цим функції Ляпунова можна повною мірою використати як критерії функціональної стійкості СК.

**Висновки.** Запропоновані методологічні основи забезпечення функціональної стійкості широкого класу об'єктів, які являють собою сукупність математичних моделей, наукових методів, способів, підходів, підпорядкованих вирішенню поставленої проблеми та включають в себе концептуальні, теоретичні та технологічні основи забезпечення функціональної стійкості. Проведено математичну формалізацію (геометричну і аналітичну) області функціонування стійкості складного об'єкту, як основу для визначення границі та запасу функціональної стійкості.

Напрямами подальших досліджень у зазначеній галузі може бути широке коло питань, пов'язаних з перерозподілом і використанням надмірності всіх видів для парювання нештатних ситуацій, пошуком нових рішень щодо кількісної оцінки функціональної стійкості складних технічних та організаційних систем.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Машков О.А., Баранов Г.Л., Косенко В.Р. Критерії діагностування в функціонально стійких системах управління / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2013 , - Євпаторія, 2013, с. 61-65.
2. Машков О.А., Косенко В.Р. Проблеми створення функціонально стійкої автоматизованої системи управління рухомих об'єктів / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2012 , - Євпаторія, 2012, с. 497-508.
3. Машков О.А., Косенко В.Р. Розробка алгоритмів синтезу оновлюючого керування для інформаційно-керуючих комплексів рухомих об'єктів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 62, Київ, 2011, с. 208-225.
4. Машков О.А., Косенко В.Р. Задача синтезу оновлюючого керування при побудові функціонально-стійких бортових інформаційно-керуючих комплексів / Моделювання та інформаційні технології / Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 61, Київ, 2011, с. 202-229.
5. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез функціонально-стійкої системи керування рухомих об'єктом із заданими динамічними властивостями / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, вип. 60, Київ, 2011, с. 186-214.
6. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 1) / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 55, 2010., с. 131-148.
7. Машков О.А., Баранов Г.Л., Косенко В.Р. Синтез структури складної системи на основі методів ранжування показників якості / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2014 , - Залізний Порт, Україна, 2014, с. 109-114.
8. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез структури складної системи на онові багатокритеріального вибору варіантів / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2014 , - Залізний Порт, Україна, 2014, с. 115-118.
9. Машков О.А., Аль-Тамими Р.К.Н., Лами Д.Д.Х., Косенко В.Р. Математична формалізація властивості функціональної стійкості складних екологічно небезпечних техногенних систем / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2015 , - Залізний Порт, Україна, 2015, с. 106-113.
10. Машков О.А., Косенко В.Р. Розвиток теорії функціональної стійкості, як стійкості функціонала якості складної системи / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції.– Херсон: Вид. ХНТУ, 2016., с. 93-104.
11. Машков О.А., Косенко В.Р. Обеспечение функциональной устойчивости бортового комплекса дистанционно пилотируемого летательного аппарата с использованием мультиплексных каналов обмена информации на основе волоконно-оптических линий связи / Збірка наукових праць: Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції.– Херсон: Вид. ХНТУ, 2016., с. 104-108.
12. Кулик А.С. Обеспечение отказоустойчивости систем управления: учеб. пособие / А.С. Кулик. Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1991. – 90 с.
13. Кулик А.С. Автоматизация диагностирования систем управления летательных аппаратов: учеб. пособие / А.С. Кулик. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1994. – 61 с.
14. Кулик А.С. Системное обеспечение отказоустойчивости блока гироскопических датчиков / А.С. Кулик, А.П. Козий // Электронное моделирование. – 1995. – Т. 17, № 6. – С. 28-33.
15. Кулик А.С. Сигнально-параметрическое диагностирование систем управления / А.С. Кулик. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ»: Бизнес Информ, 2000. – 260 с.

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З  
ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ  
ТА НАФТОПРОДУКТІВ****Машков О.А.<sup>1</sup>, Пашков Д.П.<sup>1</sup>, Тупкало В.М.<sup>2</sup>, Теут В.М.<sup>1</sup>**

1. *Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ, mashkov\_oleg\_52@ukr.net*
2. *Київський інститут інтелектуальної власності та права Національного університету «Одеська  
юридична академія, м. Київ. м. Київ, Харківське шосе, 210, 02121; v.tupkalo@mail.ru*

**Вступ.** Зважаючи на сучасний стан екологічної безпеки навколишнього середовища, національна безпека держави дедалі більше стає залежною саме від екологічної сфери та ефективного державного управління нею, а також від раціонального використання природних ресурсів, пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру та якісного прогнозування процесів, що впливають на екологічну ситуацію. Дослідження свідчать, що саме взаємодія природних і соціальних чинників стала визначальною в негативному антропогенному впливові на довкілля України. Відповідно до цього, забезпечення екологічної безпеки залишається основним способом розв'язання екологічних проблем, що гарантує громадянам розвиток і проживання в гармонії з навколишнім середовищем.

Відповідно до Закону України “Про екологічну експертизу” до переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку (розроблено Міністерством екології та природних ресурсів і Міністерством охорони здоров'я) внесено, в тому числі, видобування нафти, нафтохімія й нафтопереробка.

У загальній проблемі забруднення річок, морів і океанів одне з провідних місць належить вуглеводням, І в першу чергу нафті і нафтопродуктам. Саме нафта сьогодні є основним забруднювачем води. Відповідно до Міжнародної конвенції із запобігання забрудненню моря з суден (1973 р.), зміненої і доповненої протоколом від 1978 року (MARPOL 73/78), до найбільш шкідливих хімічних забруднювачів належать нафта та продукти її переробки (до 3000 інгредієнтів), багато з яких отруйні для будь-яких живих організмів. Запобігання подібних техногенних катастроф - це одна зі складних і багатопланових екологічних проблем.

Існує чимало способів боротьби з нафтовими розливами та ліквідації їхніх наслідків. Плавуча нафтова плівка може захоплювати значний по розміру простір. Встановлено, що одна крапля нафти утворює на поверхні водойм пляму площею приблизно 0,25 м<sup>2</sup>, а одна тонна нафти покриває площу близько 500 га поверхні водойми. Зібрати або знищити нафту, розливу по поверхні води, пропонується з використанням суден екологічного моніторингу.

Відомо, що води Чорного та Азовського морів були найбільш забруднені нафтовими вуглеводнями (НВ), фенолами, хромом шестивалентним. Дещо меншим у водах був вміст сполук азоту, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР), загального фосфору.

Середньорічні концентрації НВ коливаються у межах 4,8-6,4 гранично-допустима концентрація (ГДК) у водах гирла р. Південний Буг, гирла р. Дніпро, Бузького і Дніпровського лиманів. Максимальний вміст НВ досягав рівня 10 ГДК у водах гирла р. Південний Буг, Бузького і Дніпровського лиманів, 4,4-6,0 ГДК – у водах гирла р. Дніпро та порту Одеса, <1,0 ГДК – у водах Сухого лиману та вхідного каналу до нього.

Спостереження за станом забруднення вод Азовського моря проводилися у Таганрозькій затоці на акваторії порту Маріуполь та його зовнішньому рейді та у Бердянській затоці. Максимальна концентрація нафтових вуглеводнів на рівні 21,6 ГДК відмічена у вересні на акваторії порту Маріуполь.

В статті розглядаються питання усунення негативних проявів надзвичайних ситуацій та аварійних забруднень водної поверхні, запобігання й реагування на аварії, катастрофи інші надзвичайні ситуації з застосуванням морських суден екологічного моніторингу (рис. 1).

**1. Екологічна небезпека, пов'язана з нафтою та нафтопродуктами.**

Нафта і нафтопродукти є дуже небезпечним джерелом для водоймищ. Нафта – складна суміш із тисяч різних органічних компонентів. Поведінка нафти у водоймах мінлива та залежить не тільки від її типу, але й від температури, а також інших фізичних параметрів навколишнього середовища.

До складу нафти входять різні класи вуглеводнів: аліфатичні (метанові), циклічні насичені (нафтенові), циклічні ненасичені (ароматичні). Вона є токсичною речовиною, особливо для гідроєкосистем та їх мешканців.

Не дивлячись на ряд міжнародних угод, забруднення гідросфери нафтою прогресує. Розрахунки показують, що літр нафти, розлитої по поверхні моря, поглинає розчинений кисень із 400 тис. літрів морської води. Тонна нафти, розтікаючись по поверхні води, може покрити плівкою акваторію в 10 квадратних кілометрів.

Нафтове забруднення належить до найбільш поширених техногенних надзвичайних ситуацій, які завдають значної шкоди для природних екосистем та деяких видів господарської діяльності: рибальства, туризму та ін.



Рис. 1.- Застосування суден екологічного моніторингу

Особливістю викидів нафтопереробних заводів та хімічної промисловості є їх локальний характер, що призводить до утворення високих концентрацій нафти і нафтопродуктів на обмеженій, переважно прибережній ділянці морської акваторії. Смоли і асфальтени є компонентами нафтового забруднення, найбільш стійкі до впливу зовнішніх факторів.

Широке розповсюдження плівкової нафти впливає на природу океану та клімат Землі, вміст кисню і водяної пари в атмосфері. Нафтопродукти, що надходять до Світового океану, знижують здатність води до природного самоочищення, змінюють санітарний режим, стимулюють розвиток деяких патогенних бактерій та вірусів. Негативний вплив нафтових забруднень позначається і на інших ланках природних екосистем, включаючи водорості, ракоподібні, молюски, риби та інші. Однією з особливостей нафтових вуглеводнів є здатність збільшувати свій вміст у 10 разів на кожному наступному рівні трофічного ланцюга. Отже, якщо нафтові вуглеводні або хлоровані дифеніли потрапляють спочатку у водорості, потім по ланцюгам живлення до риб, то їх накопичується вже в 10 тис. разів більше, ніж у початковій ланці, і в 100 тис. разів більше, ніж у воді.

Плівка нафти перешкоджає процесу аерації, - процесу поглинання водою кисню з атмосфери. Так при постійній витраті кисню у водоймі, припинення аерації може виявитися згубним для живого світу водойми. Нафта і нафтопродукти належать до речовин, які важко окислюються мікроорганізмами. При цьому самоочищення водойм, забруднених нафтою, відбувається на відстанях, іноді за 500-900 км від місця забруднення можна виявити сліди вуглеводнів нафти.

## **2. Визначення ступеня екологічної небезпеки від забруднення морських акваторій нафтою та нафтопродуктами.**

Встановлено, що понад 400 груп речовин можуть викликати забруднення води. Розрізняють хімічні, біологічні і фізичні забруднювачі. Серед хімічних забруднювачів до найбільш поширених відносять нафту і нафтопродукти, СПАР (синтетичні поверхнево-активні речовини), пестициди, важкі метали та ін. Дуже небезпечно забруднюють воду біологічні забруднювачі: віруси та інші хвороботворні мікроорганізми; і фізичні – радіоактивні речовини, теплове забруднення та ін..

Широке та різноманітне застосування у господарстві нафтопродуктів таких як паливо, індустриальні масла, мастила, емульсії, розчинники, призводить до того, що стічні води майже всіх промислових і транспортних підприємств у різних кількостях містять нафтові забруднення. Особливо великі об'єми забруднених нафтопродуктами вод утворюються при експлуатації водооборотних систем охолодження нафтопереробних заводів. Небезпечним явищем також є аварії танкерів у морських акваторіях.

Проблемами забруднення гідросфери нафтою та нафтопродуктами, запобігання потраплянню нафтопродуктів у навколишнє середовище займалися такі вчені як П.А.Коротков, А.И. Писанський, Н.М. Джура, Ю.М. Ситник, Гомеля Н.Д. та ін.

Основні причини забруднення морських акваторій наступні.

По-перше це танкерний флот. Відомо, що танкерний флот забезпечує транспортування половини видобутої на світовому шельфі нафти. У світі видобувають близько 2,2 мільярда тонн нафти на рік, при цьому в морі – це близько 440 мільйонів тонн. Її транспортування на танкерах (щорічно по 1,5 млрд т), звичайно ж, не обходиться без аварій. Причина техногенних катастроф та аварій має антропогенний характер (господарська діяльність людей, яка пов'язана з прийняттям непродуманих рішень, халатністю, а іноді просто з непрофесіоналізмом і незнанням природних закономірностей).

Техногенні екологічні катастрофи, викликані розливами нафти внаслідок аварій на танкерах, є найбільш поширеними. За даними міжнародної організації ІМСО, загальна кількість нафти і нафтопродуктів, які щорічно потрапляють у води Світового океану, вже зараз досягає 10 млн т. Причому ця небезпека зростає із збільшенням тоннажу танкерів і їх кількості. За підрахунками фахівців, загальна ймовірність аварії дорівнює 0,4 на 1000 рейсів. Ймовірність ризику розливу приймається рівною 0,05 на 1000 рейсів у відкритому морі і 0,25 в небезпечних місцях. З урахуванням можливої частоти аварії з посадкою на мілину і зіткненням – середній розмір нафтового розливу може бути оцінений як 1/48 від кількості перевезеної за рейс нафти.

По-друге, на забруднення морських акваторій впливає промислово-побутова діяльність людини. Великі маси нафти з суші надходять у моря по ріках, з побутовими й зливними стоками. Щорічний обсяг забруднення нафтою з цього джерела перевищує 2 млн т. Зі стоками промисловості і нафтопереробних заводів у море щорічно потрапляє до 0,5 млн т нафти.

По-третє, має місце природний розлив нафтопродуктів. Так, наприклад, у протоці Санта-Барбара у Каліфорнії вже багато століть у море просочується з тріщин і ущелин у морському дні щорічно 3000 т нафти, проте забруднення біля берегів не спостерігається.

При ліквідації наслідків забруднення морських акваторій потрібно враховувати ефект самоліквідації нафто забруднення. Самоліквідація нафтозабруднення пояснюється декількома причинами:

1. Випаровування нафти. Бензин повністю випаровується з поверхні води за шість годин. За добу випаровується не менше 10 % сирової нафти, приблизно за 20 днів – 50 %. Але більш важкі нафтопродукти майже не випаровуються.

2. Емульгація нафти. Нафта емульгує, розбивається на дрібні крапельки. Сильне хвилювання моря сприяє утворенню емульсії нафти у воді і води в нафті. При цьому суцільний килим нафти розривається, перетворюється в дрібні крапельки, що плавають у товщі води, нафта розчиняється. У її складі є речовини, розчинні у воді, хоча їхня частка, загалом, невелика.

3. Еколого-економічна оцінка забруднення морських акваторій нафтою.

Збитки від забруднення нафтою включають:

- збитки від забруднення навколишнього природного середовища (у тому числі прямі збитки внаслідок погіршення стану навколишнього природного середовища, загибелі риби, гідробіонтів, кормових організмів, порушення нерестовищ) та втрачені внаслідок такого забруднення доходи (втрата потомства риби тощо);

- витрати на заходи з відтворення природних ресурсів, які були фактично вжиті або мають бути вжиті;

- витрати на попереджувальні заходи, а також подальші збитки або шкоду, заподіяну попереджувальними заходами;

- недержані внаслідок порушення господарської діяльності доходи.

Розрахунок маси нафти та нафтопродуктів, скинутих у водний об'єкт внаслідок витоку або виливу, може відбуватися наступними способами:

1. Розрахунок маси нафти та нафтопродуктів (далі – нафта) за фактичними даними обсягу розлитої нафти може бути визначений за балансом між початковою кількістю нафти, що знаходилася у ємності, і кількістю нафти, що у ній залишилася після виливу. Кількість нафти у ємності визначається за даними документів про заповнення ємності або будь-яких інших даних. Розрахунок здійснюється за формулою

$$M_n = M_{\text{поч}} - M_{\text{зал}}, \quad (1)$$

де  $M_n$  – маса нафти, що потрапила у водний об'єкт, т;  $M_{\text{поч}}$  – початкова маса нафти, що перебувала в ємності, т;  $M_{\text{зал}}$  – маса нафти, що залишилася в ємності після виливу, т.

2. У випадку розливу нафти під час вантажно-розвантажувальних робіт, коли кількість нафти, що перекачується, фіксується приладами, маса скинутої нафти встановлюється за показаннями вимірювальних приладів про кількість перекачаної нафти і фактичну наявність нафти у відповідних ємностях або розраховується з огляду на продуктивність перекачувального механізму і часу виливу.

**3. Розрахунок маси нафти за результатами інструментально-лабораторних вимірювань.** Оцінюється маса нафти на одиниці площі поверхні води та концентрація розчиненої і емульгованої нафти у забрудненому водному шарі.

Маса нафти, що потрапила у водний об'єкт (МН), розраховується за формулою:



$$M_n = M_n + M_p, \quad (2)$$

де  $M_n$  – маса нафтової плівки;  $M_p$  – маса розчиненої та емульгованої нафти. Маса нафтової плівки ( $M_n$ ) визначається за формулою:

$$M_n = M_{nm} S \quad (3)$$

де  $M_{nm}$  – питома маса нафти на 1 м<sup>2</sup> поверхні води;  $S$  – площа поверхні води, забрудненої нафтою, м<sup>2</sup>.

Обчислення розміру збитків, завданих внаслідок забруднення навколишнього природного середовища, що сталося у разі витoku або зливу нафти із суден, проводиться з урахуванням визначеної маси нафти та такс, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 3 липня 1995 р. № 484 «Про затвердження такс для обчислення розміру відшкодування збитків, заподіяних внаслідок забруднення із суден, кораблів та інших плавучих засобів територіальних і внутрішніх морських вод України».

#### **4. Оцінка точності визначення позиціонування техногенних забруднівачив нафтопродуктами морських акваторій.**

Катастрофічне забруднення Чорного і Азовського морів є загальновизнаним фактом. Для того, щоб можна було адекватно оцінити сучасний екологічний стан морських акваторій необхідно проведення екологічного моніторингу. Екологічна обстановка Чорного і Азовського морів погіршується головним чином за рахунок інтенсифікації господарської діяльності, також за рахунок зростання рівня концентрації промисловості і сільського господарства у береговій зоні моря. Тому дані моніторингу відповідної якості служать основою для підготовки законодавчої бази і контролю за забрудненням, і морським природокористуванням.

Під морським екологічним моніторингом (МЕМ) розуміють екологічний моніторинг морського природного об'єкту в даному випадку Чорного і Азовського морів. Завданнями МЕМ є оцінка, діагноз і прогноз стану морського середовища. Ці завдання вирішуються на основі аналізу цих спостережень за станом довкілля і за джерелами і чинниками впливу. Об'єктами морського екологічного моніторингу є:

- морське середовище в межах виключно морської економічної зони України в Чорному і Азовському морях - це центральний об'єкт спостережень МЭМ;
- джерела забруднення : берегові, морські, річковий стік, атмосферний стік;
- чинники впливу (гідрометеорологічні, кліматичні, сезонні та різні види забруднення морського середовища);
- вплив основних забруднюючих речовин на фізико-хімічні параметри морського середовища, продуктивність, обмінні процеси (океан-атмосфера, океан-живе речовина, океан- морське дно і т.

Одним з найбільш схильних до виникнення екологічних та техногенних катастроф є Азово-Чорноморський басейн, якому належить 1/3 континентальної Європи, Це екосистема з унікальністю і різноманіттям біоресурсів. В той же час це й одна із самих екологічно неблагополучних екосистем, головним чином, через скидання промислових вод і нафторозливів внаслідок високого обсягу перевезень нафтових вантажів.

Відомо, що основним завданням моніторингу є максимально точно визначення позиціонування об'єктів. У нашому випадку - джерел техногенного забруднення морської акваторії (судів, платформ). З метою вирішення цього завдання необхідно здійснити географічну прив'язку басейну та визначити технологію ліквідації наслідків техногенного забруднення.

Для оцінки точності визначення позиціонування об'єктів доцільно застосовувати космічні знімки. При цьому здійснюється перетворення піксельної системи координат зображення в географічну або картографічну проекцію.

Географічна прив'язку може проводитись у три етапи:

- прив'язка за орбітальними даними;
- прив'язка за картографічними даними (берегова смуга);
- прив'язка по опорних точках.

З метою первинного оброблення зображення географічна прив'язка проводиться за орбітальними даними. Такий підхід забезпечує прив'язку з точністю від 1 до 15 км.

Для оцінювання точності прив'язки доцільно використовувати наявні в акваторії стаціонарні водні об'єкти, які в подальшому можуть розглядатися як база даних опорних крапок. Похибка їх визначення може бути від 300 м до 2 км.

Розміщення та щільність контрольних точок відіграють важливу роль у точності географічної привязки. У якості контрольних точок можуть використовуватися об'єкти з відомими координатами з точністю від 0,1 до 0,5 розміру пікселя зображення. Для оцінки точності визначення позиціонування об'єктів на космічному знімку застосовується геоінформаційна система ArcGIS.

Дослідження свідчать про доцільність використання бази даних опорних крапок для уточнення географічної прив'язки радіолокаційних даних. Уточнення прив'язки з використанням радіолокаційних даних може покращити точність розрізнення знімку.

### 5. Запобігання та боротьба з забрудненням водних поверхнь нафтою.

Перспективним напрямком боротьби із забрудненням водної поверхні є використання методів дистанційного виявлення й оконтурення плям нафти й нафтопродуктів (див.рис.2). Розроблені радіофізичні методи для рішення зазначеної задачі, засновані на принципі розходження контрастності оптичних, теплових і радіоактивних властивостей гідроповерхні «чистої» води і забрудненою нафтою і нафтопродуктами. Створені методи дозволяють виявляти й оконтурювати забруднення одразу після розливу нафти, коли ще при малих витратах реально здійснити повне очищення акваторії.

Під час розливу нафти, як встановлено вченими, на поверхні акваторії утворюється нафтовий шар товщиною в декілька сантиметрів (2-6 см), що через декілька годин розпливається на значну площу (літр нафти на 1 га), при цьому товщина плівки досягає 0,1-0,01 мм. Через кілька діб товщина плівки зменшується до молекулярного шару і при цьому частина нафти емульгує й знаходиться в товщі води у вигляді включень.

Нафтова плівка приводить до виникнення температурному контрасту між чистою водою й водою, забрудненою нафтопродуктами:

- 1) зменшенням швидкості випаровування з поверхні води через придушення нафтовою плівкою високочастотних водних хвиль;
- 2) зміна випромінювальної здатності забрудненої поверхні води через більш високий коефіцієнт відбиття нафтопродуктів;
- 3) більш низька теплопровідність нафти і нафтопродуктів (у 3-6 разів) і теплоємність (1,5-2,5 рази) у порівнянні з “чистою” водою.

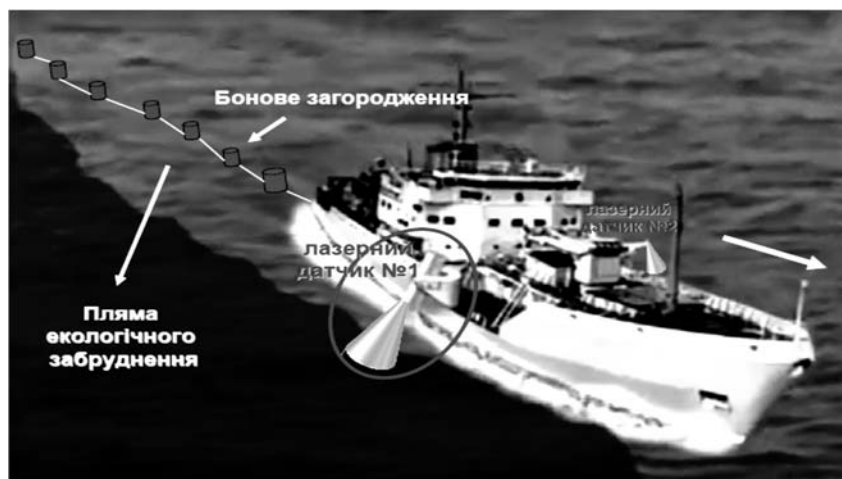


Рис.2. - Метод виявлення й оконтурення плям нафти й нафтопродуктів з використанням спеціалізованого судна з системою лазерних датчиків.

Оптичні властивості чистої води також істотно відрізняються від властивостей води, забрудненої нафтопродуктами. Для чистої води в океані довжина хвилі максимально розсіяного світла в близькій УФ і видимій області спектра дорівнює 470 нм, коефіцієнт заломлення  $n=1,3$ , кут Брюстера 530. У забрудненій нафтопродуктами воді за рахунок електронних переходів легкі фракції нафти, що є присутніми у нафтових плівках на поверхні води і поглинаючі випромінювання в області 300 нм, можуть давати люмінесценцію в діапазоні 360-460 нм; більш важкі фракції поглинають в області 370 нм і дають люмінесценцію в області 520 нм.

В ІЧ-області коефіцієнт заломлення нафти більший, ніж у води, що обумовлює більш високий коефіцієнт відбивання від нафтових плівок. Істотно відрізняються і поляризаційні характеристики.

Відповідно до існуючих методів дистанційного виявлення нафтових (і не тільки нафтових) забруднень їх підрозділяють на три типи: пасивні, напівактивні й активні.

Пасивні методи засновані на реєстрації теплового випромінювання (ІЧ і НВЧ) і природного гамма-випромінювання; напівактивні методи засновані на опроміненні природними (Сонце, Місяць) і штучними джерелами електромагнітного випромінювання в широкому спектральному діапазоні й в аналізі зіставлення зміни спектрального складу прийнятого сигналу забруднених і незабруднених ділянок поверхні акваторії; при використанні активних методів досліджувана водна поверхня опромінюється

джерелами випромінювання заданого спектрального складу (лазером) із реєстрацією відбитого випромінювання, чи флуоресценції чи комбінаційного розсіювання.

При вимірі відбитого УФ випромінювання можна зафіксувати сиру нафту і важкі нафтопродукти, прозорі нафтопродукти фіксуються дещо складніше. Максимальний контраст нафта-вода спостерігається при товщині плівки до 1 мкм. Метод відбиття на мілководді істотно ускладнюється через погіршення співвідношення сигнал/шум у результаті росту фону від піску й черепашки.

Методика виявлення нафтових плям на основі спектрів флуоресценції дозволяє при використанні декількох довжин хвиль збудження (гелій-кадмієвий, ексимерний, аргонний, лазери з довжиною хвилі, що перебудовується, рубіновий) розрізнати до декількох десятків сортів нафти. Однак, при цьому варто звернути увагу на усунення фонові люмінесценції від мікроорганізмів морського середовища.

Використання активної радіолокації для виявлення нафтових забруднень ґрунтоване на ефекті зміни розсіяного сигналу нафтовою плівкою в порівнянні з чистою водою. Однак, істотне обмеження застосуванню цього методу створюють сильні вітри (швидкість не більш 5-8 м/с), при яких характер хвилювання не визначається наявністю на поверхні води нафтопродуктів.

Найбільш перспективною є методика ґрунтована на використанні відбитого лазерного випромінювання.

При врахуванні ослаблення лазерного випромінювання в атмосфері й морських хвиль має місце наступне співвідношення для розрахункової висоти над рівнем моря, на якій можливе дистанційне виявлення нафтових плівок методом відбиття:

$$P = P_0 \frac{S_0}{h^2} q \cos^3 \Theta, \quad (4)$$

де P – потужність сигналу, що приходить на прийомну антену; P<sub>0</sub> – потужність випромінювання лазера; S<sub>0</sub> – площа антени, q = rΓ<sup>2</sup> – геофізичний фактор (r – коефіцієнт яскравості моря, Γ – функція пропускання атмосфери); h – висота точки вимірювання над рівнем моря; Θ – кут візування.

Умова спостереження сигналу на висоті h визначається співвідношенням h/P > Q, де Q – гранична чутливість системи.

#### 6. Система морського екологічного моніторингу з використання спеціальних суден.

Пропонується створити систему морського екологічного моніторингу (СМЕМ) з використанням спеціальних суден. Говорне призначення такої системи, - проведення спостережень і лабораторний контроль за станом забруднення водної поверхні, відбору проб і проведення лабораторних досліджень зараженості об'єктів радіоактивними і хімічними речовинами та бактеріальними засобами (Рис. 3).



Рис. 3. - Система морського екологічного моніторингу (авторська модель)

На система морського екологічного моніторингу з використанням спеціальних суден покладаються такі завдання:

1. При нормальній діяльності в повсякденних умовах:
  - систематичне спостереження і лабораторний контроль згадження об'єктів навколишнього природного середовища;
  - виявлення забруднення (зараження) об'єктів навколишнього середовища;
  - виявлення і контроль джерел небезпечного підвищення зараження (забруднення);
  - виявлення ознак виникнення загрози стихійного лиха.
2. При виникненні чрезвычайних ситуацій:
  - виявлення радіоактивного, хімічного і бактеріологічного (бактеріального) зараження в районах моніторингу;
  - оцінка безпеки для населення і об'єктів навколишнього середовища (з метою використання режимів захисту населення і тварин).

Функціонально СМЕС передбачає виконання наступних процедур: спостереження, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан морського середовища, прогнозування стану та розробка науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативних змін морської акваторії.

Серед існуючих сучасних методів моніторингу стану морської акваторії найбільш перспективними є методи дистанційного зондування та геоінформаційні системи (ГІС). Застосування цих технологій дозволяє здійснювати моніторинг в режимі реального часу. Завдяки цьому можна моделювати складні природні та техногенні процеси: активні геологічні процеси, складна тектоніка, підвищена сейсмічна небезпека, значні підтоплення, різке погіршення стану катакомб і т. д.

Ці об'єкти не тільки надають інтенсивне навантаження на природне середовище, але й здатні викликати значні екологічні біди. Зростання інтенсивності судноплавства збільшує напруженість ситуації. Тому, в районі морських акваторій особливо необхідна оцінка промислово-небезпечних об'єктів і небезпечних зон, наприклад - райони які прилегли до нафтогавані.

Використання ГІС викликано необхідністю інтегрувати дані і технології в єдину державну систему. Для державних органів управління важливо постійно мати новітню інформацію про стан навколишнього середовища для забезпечення екологічної безпеки. Таким чином, СМЕМ повинна задовольняти вимогам оперативності інформації.

Оперативний моніторинг морських акваторій здійснюється шляхом систематичних і додаткових спостережень за кількісними та якісними параметрами навколишнього середовища. Він встановлюється під час виникнення несанкціонованих чи аварійних забруднень та стихійного лиха в зонах підвищеного ризику, в зонах впливу аварій і надзвичайних ситуацій, за окремими об'єктами, джерелами забруднення, в районах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації, а також у районах можливих аварій із шкідливими екологічними наслідками. Метою оперативного моніторингу морських акваторій є оповіщення, забезпечення оперативного реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо ліквідації їх наслідків та захисту населення, екосистем, власності.

До суб'єктів оперативного моніторингу морських акваторій слід віднести систему (флотилія) спеціальних суден.

Об'єктами оперативного моніторингу морських акваторій є складові навколишнього середовища: метеорологічні умови, атмосферне повітря, водні, земельні (берегові), біологічні ресурси, рекреаційні морські зони, території з особливим статусом, наземні та водні екосистеми, антропогенні фактори, техногенно небезпечні об'єкти, у тому числі потенційно небезпечні морські промислові підприємства і об'єкти на територіях розвитку небезпечних геологічних процесів.

У разі виникнення надзвичайної ситуації (виявлення екстремально високого рівня забруднення навколишнього середовища, спричиненого аварією, катастрофою, стихійним лихом, що створило загрозу здоров'ю населення, призвело або може призвести до матеріальних втрат) інформація від СМЕС оперативно передається відповідним органам в системі виконавчої гілки влади з пропозиціями про вжиття необхідних заходів для ліквідації наслідків аварії, катастрофи.

Наземна інфраструктура СМЕМ може здійснювати класифікацію надзвичайних ситуацій (розробка конкретних класифікаційних ознак; оцінка економічних збитків; аналіз причин виникнення надзвичайних ситуацій; розробка заходів та мобілізаційних програм з ліквідації надзвичайних ситуацій).

Відповідно до рівня надзвичайної ситуації (загальнодержавний, регіональний, місцевий, об'єктовий) необхідно приймати рішення щодо відповідних керівних і організаційних структур для усунення наслідків надзвичайної ситуації.

В останнє десятиліття технології відображення і аналізу можливих наслідків небезпечних явищ і ситуацій зазнали істотні зміни. В першу чергу вони торкнулися таких важливих показників систем, як оперативність (режим реального часу); висока інформативність і наочність (відображення об'єктів на

картах і космічних знімках високої детальності в 2D і 3D режимах); доступність віддаленому користувачеві.

При цьому слід враховувати, що СМЕМ призначена, насамперед, для міжвідомчої інформаційної взаємодії і забезпечення аналітичної підтримки процесів підготовки, прийняття та контролю управлінських рішень на основі використання сучасних методів просторового аналізу і моделювання процесів розвитку і прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій.

Основними технічними вузлами системи є:

- підсистема збору даних;
- аналітична підсистема;
- підсистема підтримки управлінських рішень.

*Підсистема збору даних.*

Завдання цієї підсистеми – оперативне одержання і систематизація даних з метою їх необхідної організації для подальшого аналізу.

В першу чергу за допомогою геоінформаційних технологій виконуються операції по організації базових електронних карт місцевості і цифрових моделей рельєфу. Потім – створення тематичних карт, що характеризують стан навколишнього середовища; карт розміщення мереж спостереження за природними і техногенними явищами; схем розподілу сил і засобів реагування на надзвичайні ситуації; прив'язка потенційно небезпечних об'єктів тощо Найважливішим чинником, що визначає загальний технологічний рівень системи, є рівень технологічного забезпечення основних постачальників інформації.

*Аналітична підсистема.* Основним завданням аналітичної підсистеми є отримання якісно нової прогнозовної та аналітичної інформації в процесі обробки вихідних даних у формі, оптимальної для підготовки конкретного управлінського рішення на основі відповідних вимог чинного законодавства методик і алгоритмів. Аналітична підсистема включає наступні складові:

- прогнозно-моделюючі комплекси (ПМК), встановлені на локальних робочих місцях аналітиків як в Центральній, так і в ряді берегових підсистем (засоби прогнозування та просторового аналізу можливих наслідків надзвичайних ситуацій);
- комплекс оцінки ризиків життєдіяльності і господарювання, а також блок статистичної оцінки розподілу надзвичайних ситуацій;
- інструменти просторового аналізу морських підсистем, що дозволяють визначити місце розташування ситуації та прокласти оптимальний маршрут до неї від місця локалізації сил і засобів реагування.

*Блок підтримки управлінських рішень.*

Механізми та методи автоматизованої підтримки управлінських рішень є сьогодні найбільш важливою ланкою у систем даного типу. На цьому етапі важливу роль має вибір оптимального рішення з кількох конкуруючих варіантів, підготовлених і візуалізованими в блоці обробки даних. Відповідно на даному етапі підвищується роль геоінформаційної складової взагалі, так і вимоги до наочності, доступності та ступеня автоматизації інтерфейсу робочого місця даного рівня зокрема. Оскільки управлінець, який приймає рішення на даному рівні, не має можливості освоювати всі технології, за допомогою яких готується результуюча інформація його основний інструмент – документ, отже, система повинна забезпечувати високу наочність і рівень автоматизації отримання документа. При цьому особа приймання рішень тепер має можливість ефективніше аналізувати надзвичайну ситуації, розраховувати маршрути доступу морських суден до місця нафтозабруднення, статистику розподілу надзвичайної ситуації по території на електронній карті.

Таким чином, наземна (берегова) частина СМЕМ вирішує наступні завдання:

- оперативне інформаційно-аналітичне забезпечення при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій та відображення інформації на засобах колективного користування;
- постійний прийом інформації про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації, виконання необхідних розрахунків, своєчасне доведення до управлінських структур пропозицій щодо організації заходів запобігання або ліквідації їх наслідків;
- підтримка стійкого, безперервного та оперативного управління спеціальними морськими суднами, збір та обробку оперативної інформації про виконання аварійно-рятувальних робіт під час ліквідації надзвичайної ситуації;

Висновки.

Нині помітна тенденція до перенесення акцентів в питаннях природно-техногенної безпеки з реагування на надзвичайні ситуації і ліквідації їх негативних наслідків на сучасні методи моніторингу, прогнозування і попередження виникнення небезпечних явищ і процесів. Важливу роль при цьому грає методологічний інструментарій спостереження, еколого-математичне моделювання, просторовий аналіз. В результаті проведених досліджень встановлено, що для підвищення екологічної безпеки морського середовища в умовах розливу нафти та нафтопродуктів доцільно застосовувати спеціалізовані судна

екологічного моніторингу. Розглянуто питання екологічної небезпеки, яка пов'язана з нафтою та нафтопродуктами.

Запропоновані підходи, щодо визначення ступеня екологічної небезпеки від забруднення морських акваторій нафтою та нафтопродуктами. Розглянуті питання еколого-економічної оцінки забруднення морських акваторій нафтою. Для усунення наслідків забруднення морських акваторій нафтопродуктами необхідно оцінити точність визначення позиціонування техногенних забруднювачів нафтопродуктами морських акваторій та ліквідувати забруднювачі за допомогою суден екологічного моніторингу з використанням сучасної технології захисту навколишнього середовища.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. - К.: Либідь, 2005.- 408 с.
2. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінко, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; під ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.:ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
3. Костюченко Ю.В., Копачевський І.М., Соловійов Д.М., Ющенко М.В., Акименко П.О. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрологічних ризиків // Космічна наука і технологія. – 2011. Т.17. № 6. – С. 19—29.
4. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи / С.С. Кохан, А.Б. Востоков. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.
5. Машков О.А. Метод комплексной оценки экологической безопасности техногенных объектов / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамими, Д.Д.Х. Лами // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/ Ecology-2015) (23-26 вересня 2015 р.). – Вінниця: ВНТУ, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – С. 58.
6. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / Научно-практичний журнал «Екологічні науки», № 1/2014(5), К., ДЕА, 2014. – С.57-67.
7. Шапарь А. Г. Аналитическая составляющая (база знаний) системы экологического мониторинга / А. Г. Шапарь, Н. А. Емец, А. Н. Бугор // Екологія і природокористування : зб. наук. праць ІППЕ НАН України. – 2013. – Вип. 17. – С. 181 – 187.
8. Использование космической радиолокации широкого обзора для картографирования нефтяных загрязнений моря / А.Ю. Иванов, И.С. Ермошкин, М. Фанг и др. // Исслед. Земли из космоса. 2005. No 4. -С. 78–95.
9. Методика обчислення розміру збитків від забруднення нафтою, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 2003 р. № 631 .
10. Нефтяные загрязнения восточной части Черного моря: космический мониторинг и подспутниковая верификация / К.Ц. Литовченко, О.Ю. Лаврова, М.И. Митягина и др.// Исследование Земли из космоса. 2007. No1. -С.81-94.
11. Fingas M.F. Review of oil spillremote sensing / M.F. Fingas, C.E. Brown // Proc. of the 5th Internat. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 2000. -P. 211–218.
- 12.[http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb\\_m/0029\\_zb\\_m\\_2VZE.pdf](http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0029_zb_m_2VZE.pdf)
- 13.<http://kursak.net/lekcija-2-monitoring-chs/http://www.ecoline.kiev.ua/articles/lidar/lidmua.html>

### АЛГОРИТМИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ РОЗУМНОГО МІСТА

**Мельничук В.В.**

*Тернопільський національний економічний університет, Кафедра комп'ютерної інженерії,  
м. Тернопіль, вул. А. Чехова, 8,  
vvv.melnychuk@gmail.com*

**Постановка задачі.** Всі задачі, що вони виникають при побудові й експлуатації телекомунікаційних мереж, можна поділити на два класи: задачі синтезу й задачі аналізу[1].

Задача синтезу мережі виникає як при побудові нової мережі, так і при реконструкції й розвитку існуючих мереж. Ця задача має техніко - економічний характер, тому що найчастіше відшукується розв'язання, оптимальне з низки економічних показників, наприклад, з мінімуму капіталовкладень.

**Метою роботи** є аналіз алгоритмів синтезу телекомунікаційних мереж на основі графів.

**Основний матеріал.** Розроблена система відображає найбільш завантажені ділянки міста. Структуру взаємодії компонентів можна побачити на рисунку 1. До системи добавлені модулі представлення даних, як окремі компоненти [2].

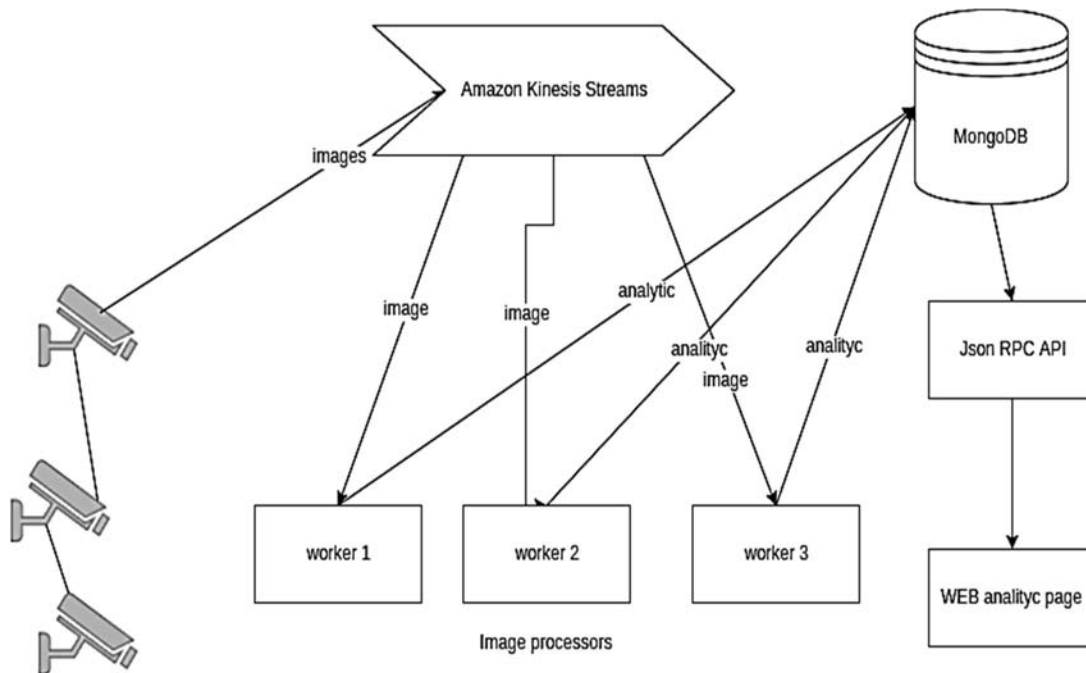


Рисунок 1 - Взаємодія компонентів системи

Для побудови мережі з IP-камер використаний оптимізований алгоритм Прима [4]. Основним функціоналом системи є обробка зображень які надходять з IP-камер [5]. Для цього використано Amazon Kinesis Streams[6], що дозволяє обробляти зображення у реальному часі [7]. В основі обробки зображень - Java Application і бібліотека OpenCV.

Java Application побудовано на основі Spring Framework. Для отримання даних із Kinesis Streams використано утиліту AWS – CLI.

Оптимізація роботи алгоритму Прима. Алгоритм Прима поступово будує шуканий мінімальний граф, додаючи до нього по одному ребру на кожному кроці, це означає, що алгоритм Прима потребує великих ресурсів. Така реалізація працює за формулою  $O(MN)$  [3].

Для цього відсортовують всі ребра в списках суміжності кожної вершини по збільшенню ваги. Звідси отримується наступна відповідність (1):

$$O(M \log M) = O(M \log N) \quad (1)$$

Крім того, для кожної вершини заведемо показник, який вказує на перше доступне ребро в її списку суміжності. Спочатку всі показники рівні 0. На  $i$ -й ітерації алгоритму Прима перебираються всі вершини, і вибирається найменше за вагою ребро серед доступних. Тепер слід оновити показники, оскільки деякі з них вказують на те, що ребра стали не доступними, тобто деякі з них зрушені праворуч. Проте, оскільки у всіх списках суміжності в сумі  $2 * M$  елементів, а показник зсувається тільки вправо, то виходить, що на підтримку всіх показників потрібно  $O(M)$  дій. Отже, складність такого алгоритму буде визначатися за виразом (2):

$$O(M \log M + N^2 + M),$$

тобто

$$O(M \log N + N^2) \quad (2)$$

**Висновки.** Принципи побудови транспортних телекомунікацій багато в чому повторюють принципи розвитку магістралей авто та залізничного транспорту. У транспорті замість вузьких автошляхів будують широкі магістралі з одностороннім рухом, так звані автобани. Замість перехресть із семафорами споруджуються розв'язки різних за висотою рівнів та з'їзди, що забезпечують рух транспорту без зупинок.

З допомогою оптимізованого алгоритму Прима можна швидше будувати мережу та зекономити кошти під час її експлуатації. Система корисна для великих міст у яких рух транспорту є великим.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Boreiko, O. Y., (2016) Developing a controller for registering passenger flow of public transport for the "smart" city system / O. Y. Boreiko, V. M. Teslyuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. – Vol. 6, Issue 3 (84). – P. 40–46.
2. Boreiko, O. Y., (2017) Development of models and means of the server part of the system for passenger traffic registration of public transport in the "smart" city / O. Y. Boreiko, V. M. Teslyuk, A. Zelinsky, O. Berezhsky // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. – Vol. 1, Issue 2 (85). – P. 40–47.
3. Michael T. Goodrich, Roberto Tamassia, (2008), Data Structures and algorithms in Java / Michael T. Goodrich, Roberto Tamassia // Wiley India Pvt. Limited, 2008 - p 700
4. Ivan Marsic, Computer Networks - Performance and QOS, Rutgers, 2010.
5. Order number 22 of the Department of the special telecommunication systems and information security of Ukraine Service, ND TIS 2.5-005-99. Classification of AS and standard functional types of protected of the processed information is from an unauthorized access, 28 Apr 1999.
6. Ge, T. and Zdonik, S., “Fast, Secure Encryption for Indexing in a Column-Oriented DBMS,” Proceedings of the 23rd International Conference on Data Engineering (ICDE), Istanbul, pp. 676-685 IEEE, May 2007.
7. Santos, R.J., Bernardino, J. and Vieira, M., “Balancing Security and Performance for Enhancing Data Privacy in Data Warehouses,” Proceedings of the 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications, Changsha, DOI 10.1109/TrustCom.2011.33, pp. 242-249, IEEE, 16-18 November 2011.

**СТРУКТУРА ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ  
ВТОРЖЕНИЙ**

**Михалев А.И., Калиберда Ю.О.**

*Национальная Металлургическая академия Украины,  
г. Днепр, пр.Гагарина, 4,  
maillich@mail.ru, yuraklb@gmail.com*

Структура системы обнаружения вторжений должна быть распределенной с большим количеством связей между узлами и без централизованного управления, т.к. выход из строя центрального узла парализует всю систему. Тем не менее, логические структуры системы должны пропорционально распределять функционирование системы. Все узлы обмениваются между собой служебной информацией по зашифрованным каналам для сообщения о наличии аномалии в сети и предотвращения ее распространения в сети.

Предлагается выделить три логических уровня системный, сетевой, локальный. На системном уровне: следит за общим состоянием системы, идентифицирует и локализует проблемы, предоставляет расширенную информацию эксперту. На сетевом уровне: следит за трафиком между узлами сети; обменивается данными с узлами для сообщения о своем статусе. На локальном уровне: отвечает за обнаружение аномалий, реагирует на аномалию, генерирует заведомо известные аномалии для обучения системы.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Михалев А.И., Калиберда Ю.О. Математическая модель иммунной реакции на вторжение в компьютерную сеть // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Выпуск 3 (56). – Том 2. – Днепропетровск, 2008. – С.175-178.
2. D. Dasgupta and S. Forrest. Artificial Immune Systems in Industrial Applications. In the proceedings of the Second International (IPMM), Honolulu, July 10-15, 1999.



## ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ

Мухін В.Є.<sup>1</sup>, Корнага Я.І.<sup>1</sup>, Герасименко О.Ю.<sup>2</sup>, Козерацький М.С.<sup>1</sup>, Базалій М.<sup>1</sup><sup>1</sup>Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського”,<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

v.mukhin@kpi.ua

З розвитком комп’ютерної техніки протягом останнього десятиліття збільшилась роль систем управління базами даних (СУБД) для підтримки обробки прикладних задач. Постійно зростає об’єм інформації, яка оброблюється в базах даних з використанням складних запитів і виникає проблема підвищення швидкості виконання потужних операцій. При формуванні складних запитів виникає необхідність їхньої оптимізації. Оптимізації потребує також індексний простір СУБД, тому що при неефективному застосуванні індексів обробка запитів відбувається з недостатньою швидкістю [1-2].

Існують декілька алгоритмів, які дозволяють проводити оптимізацію механізму запитів [1-2]:

1. Алгоритм поглинання на основі поглинання простих умов після аналізу під-виразів.
2. Алгоритм Квасна на основі об’єднання кон’юнктивних функцій.
3. Алгоритм оптимізації лінійних нерівностей на основі мінімізації систем лінійних нерівностей.
4. Генетичні алгоритми на основі оцінки обмеженого числа перестановок.
5. Алгоритм оцінки числа вихідних рядків на основі аналізу статистики вихідних даних.
6. Алгоритм оптимізації з використанням графів.

Для оцінки ефективності алгоритмів введемо функцію  $T = T_{\text{цпу}} + T_{\text{обм}} + T_{\text{дост}} + T_{\text{ініц}}$ , де  $T_{\text{цпу}}$  – час обробки даних процесором,  $T_{\text{обм}}$  – час обміну даними між основною та додатковою пам’яттю,  $T_{\text{дост}}$  – час передачі запитів між клієнтом та сервером,  $T_{\text{ініц}}$  – час ініціалізації запитів.

Для оцінки застосування введеної функції проведено експеримент для СУБД Oracle 10g, який виконувався в три етапи:

1. Реалізація запитів в початковій формі  $T_{\text{поч}}$ .
2. Виконання процедури оптимізації  $T_{\text{опт}}$ .
3. Реалізація оптимізованого механізму запиту  $T_{\text{кін}}$ .

Коефіцієнт ефективності розраховано як:  $I = \frac{T_{\text{кін}} + T_{\text{опт}}}{T_{\text{поч}}}$ , при цьому бралася різна кількість умов в

запитах. Проведено десять експериментів для різної кількості умов (рис. 1). В результаті розраховано усереднений коефіцієнт ефективності для різної кількості умов в запитах.

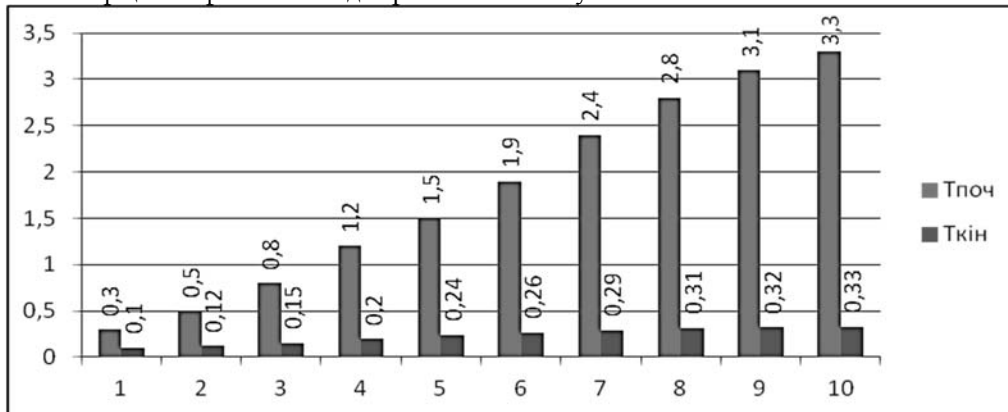


Рис. 1. Час виконання запитів в залежності від кількості умов (мсек)

Даний експеримент показав, що при виконанні запитів без застосування механізму оптимізації час виконання запитів значно зростає з ростом числа умов по запитах, що зв’язано з використанням різних таблиць та обмежень, а також з використанням індексів. Після проведення оптимізації час виконання запитів значно зменшується, зокрема при 10 умовах – більш як на порядок, при цьому коефіцієнт ефективності складає 0,82.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Khaitan P., Satish K. M., Korra S. B., Jena S. K. Improved query plans for unnesting nested SQL queries // Proceedings of 2nd International Conference on Computer Science and its Applications, December 10-12, South Korea, 2009. Jeju Island: IEEE, 2009. Pp. 147-152.

2. Мендкович Н. А., Кузнецов С. Д. Обзор развития методов лексической оптимизации запросов // Труды Института системного программирования, т. 23, М., ИСП РАН, 2012. Сс. 204-207. DOI: 10.15514/ISPRAS-2012-23-12.

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА ОБРОБКИ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ЛЮДИНИ

Ніколаєв С. С.

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського», Науковий Навчальний Комплекс «Інститут Прикладного Системного Аналізу»,  
sergiynicolaev@gmail.com*

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) за статистикою є першою причиною смертей в усьому світі. Через ССЗ у Європі щорічно помирає понад 4,3 мільйона людей, що складає 48% від світових показників. В Україні показник смертності від ССЗ становить 68%, саме тому цій проблемі приділяється така увага.

Для традиційної медицини характерна парадигма, коли пацієнти приходять до лікаря з вираженими ознаками хвороби і тому такий спосіб реагування на хворобу є реактивним.

Для діагностики ССЗ, на даний час медичним еталоном точності вимірювання серцевої активності є пристрій Холтера, що потребує візиту пацієнта до лікаря, встановлення цього пристрою, наприклад, на добу, з наступною обробкою лікарем збережених електрокардіограм (ЕКГ) у ручному режимі.

Але для виявлення багатьох захворювань уся ЕКГ - не потрібна, і для діагностики достатньо мати лише часові проміжки між ударами серця, так звані RR-інтервали. За останні роки з'явилися різноманітні альтернативи пристрою Холтера, а саме: персональні пульсометри, «розумні» годинники, фітнес-трекери, які дозволяють фіксувати серцевий ритм, здійснювати постійний моніторинг роботи серцево-судинної системи та знизити ризик ССЗ.

В даній роботі автор слідує парадигмі персоналізованої, прогностичної та профілактичної медицини (ППМ), що є глобальним трендом у ХХІ ст. та передбачає постійне спостереження за станом серцево-судинної системи людини ще до виникнення будь-яких проявів хвороби.

Сучасний розвиток інформаційних технологій (ІТ) безмежно розширює можливості фіксації різних біологічних сигналів людини з застосуванням подальшої комп'ютерної обробки цифрових даних. У вирішенні задач ППМ та дослідженні варіабельності серцевого ритму (ВСР) значний внесок зробили такі відомі вчені, як Баєвський, Шликова, Панкратова, Якименко Ю.І., Файзенберг та інші.

Звідси випливає постановка задачі: розробити ІТ спеціальної обробки відеосигналів у реальному часі для отримання такого біологічного показника, як ВСР шляхом застосування широко розповсюджених веб- та інших відеокамер. Створення такої інформаційної технології дасть можливість людині без зміни розпорядку та стилю її життя, забезпечити належний рівень здоров'я серця шляхом постійного безконтактного моніторингу ВСР, дистанційної передачі цифрових даних лікарю та їх подальшої комп'ютерної обробки методами сучасної аналітики і штучного інтелекту.

Вирішенням даної задачі є створення інформаційної технології для виявлення RR-інтервалів та варіабельності серцевого ритму людини методами комп'ютерного зору з відеопотоку.

Для досягнення поставленої мети запропонована система повинна складатися з наступних модулів та етапів обробки даних:

- детектор облич заснований на каскаді з ознаками Хаара;
- детектор шкіри для виокремлення пікселів, які є зонами інтересу для зняття сигналу;
- модуль для отримання сигналу серцебиття з відеопотоку шляхом аналізу різниці просторово усереднених змін кольорових каналів пікселів шкіри;
- застосування оптимального частотного фільтру для відмежування отриманого сигналу серцебиття від шумів;
- програмна підсистема по знаходженню ударів серця у сигналі в реальному часі;
- модуль для розрахунку варіабельності серцевого ритму.
- модуль по визначенню кількісних метрик якості розпізнавання ударів серця.

За допомогою довгострокового моніторингу варіабельності серцевого ритму з використанням запропонованої технології, можна розраховувати стрес індекс Баєвського та індекс активності центральної нервової системи по відношенню до активності вегетативної системи людини, що у свою чергу дозволяє створити ряд нових інструментів моніторингу продуктивності персоналу у компаніях, водіїв транспорту та аналізу впливу різних факторів на стан людини.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. S. Nikolaiev, Y. Tymoshenko, Reinvention of the cardiovascular diseases prevention and prediction due to ubiquitous convergence of mobile apps and machine learning, Information Technologies in Innovation Business Conference (ITIB), IEEE, ISBN: 978-1-5090-0234-4, 7-9 Oct. 2015, Kharkiv, Ukraine, pp 23-27.

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Носков В.И., Мезенцев Н.В., Гейко Г.В.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
61002, г. Харьков, ул. Курпичова 2,  
besitzer@i.ua

В настоящее время является актуальной задача повышения эффективности работы крупных электростанций. Данная задача может быть решена за счет модернизации (реабилитации) турбогенераторов (ТГ) на электростанциях или заводе-изготовителе. Улучшение формы выходного напряжения генераторов возможно за счёт изменения воздушного зазора в районе полюсного наконечника (для гидрогенераторов) и за счёт сокращения шага обмотки статора (для турбогенераторов). При модернизации ТГ для выбора наиболее приемлемой его конструкции с использованием современных решений необходимо выполнять гармонический анализ его выходного напряжения. Гармонический состав и определение первой гармоники выходного напряжения ТГ, по которой оценивается его работа, можно получить различными методами [1,2]. Одним из основных методов гармонического анализа функций, удовлетворяющих условиям Дирихле, является метод, построенный на преобразованиях Фурье. Однако, он хорошо работает при обработке информации относительно большой длительности и мало меняющихся параметрах. Поэтому для ТГ электростанций, работающих в широком диапазоне нагрузок, этот метод гармонического анализа напряжения неприемлем. В этой связи, потребовалась разработка метода определения гармонического состава напряжения ТГ, который бы отличался необходимой точностью и требуемым быстродействием.

Отклонения формы напряжения от идеальной синусоиды регламентирует ГОСТ. В частности, для ТГ действующими стандартами предусмотрено, что значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения не должно превышать 5% и определяется по формуле:

$$K_u = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \dots + U_k^2}}{U_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $U_1$  – действующее значение фазного напряжения 1-ой гармоники (основной частоты),  $U_2, U_3, \dots, U_k$  – действующие значения фазного напряжения высших гармоник, кратных по частоте основной гармонике.

Для определения действующих значений фазного напряжения  $U_1, U_2, \dots, U_k$  в работе предлагается использовать метод, основанный на применении формул Бесселя [3]. Как известно, периодическая функция может быть представлена тригонометрическим полиномом вида:

$$y = \sum_{k=0}^n (A_k \cos kx + B_k \sin kx). \quad (2)$$

При этом гармоники  $k$ -го порядка тригонометрического полинома определяются по выражению:

$$y_k = r_k \cdot \sin(kx + \varphi_k) = (r_k \sin \varphi_k) \cos kx + (r_k \cos \varphi_k) \sin kx, \quad (3)$$

где  $r_k$  и  $\varphi_k$  – соответственно амплитуда и фаза  $k$ -й гармоники ( $k = \overline{0, n}$ ).

Введя обозначения:

$$A_k = r_k \sin \varphi_k; B_k = r_k \cos \varphi_k, \quad (4)$$

выражение (3) может быть записано следующим образом:

$$y_k = A_k \cos kx + B_k \sin kx. \quad (5)$$

Из (5) следует, что амплитуда  $k$ -ой гармоники может быть получена на основе соотношения:

$$r_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}. \quad (6)$$

При этом коэффициенты  $A_k$  и  $B_k$  могут быть определены по формулам:

$$A_0 = \frac{1}{v} \sum_{\lambda=1}^{2v} y_{\lambda}, \quad A_k = \frac{1}{v} \sum_{\lambda=1}^{2v} y_{\lambda} \cdot \cos k\lambda \frac{\pi}{v},$$

$$B_k = \frac{1}{v} \sum_{\lambda=1}^{2v} y_{\lambda} \cdot \sin k\lambda \frac{\pi}{v}, \quad (k = \overline{1, v-1}),$$
(7)

где  $A_0$  – постоянная составляющая,  $k$  – номер гармоники,  $v$  – количество интервалов, на которые разбивается период,  $y_{\lambda}$  – значение ординаты соответствующей функции.

Разбивая период функции на равные интервалы по выражениям (7) можно вычислить коэффициенты, которые будут определять амплитуды гармоник (6).

Анализ кривой изменения магнитодвижущей силы (МДС) в ТГ выполняется следующим образом: период расчётной ступенчатой кривой МДС разбивается на 360 интервалов ( $v=360$ ), после этого по выражениям (7) рассчитываются амплитуды соответствующих гармоник.

Например, для ТГ с двухфазной обмоткой возбуждения (форма МДС приведена на рис. 1) на основании гармонического анализа был сделан вывод, что применение существующих подходов к модернизации (за счет сокращения обмотки статора) приводит к превышению коэффициента  $K_u$  допустимого значения (табл. 1).

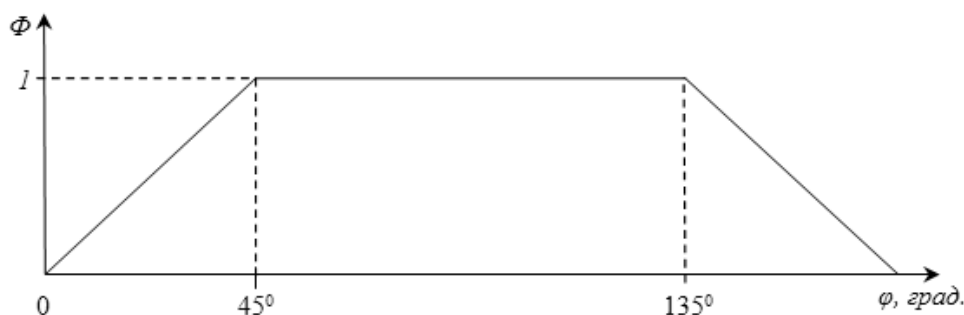


Рисунок 1 – Форма МДС.

Таблица 1

*Гармонический состав напряжения при различном исполнении обмотки статора.*

		Диаметральный шаг обмотки	Сокращённый шаг обмотки
Амплитуда гармоник	$r_1$	0,8092	0,7696
	$r_2$	0	0
	$r_3$	0,0873	0,0513
	$r_4$	0	0
	$r_5$	0,0342	0
	$r_6$	0	0
	$r_7$	0,0168	0,0099
	$r_8$	0	0
	$r_9$	0,0099	0,0094
	$r_{10}$	0	0
	$r_{11}$	0,0060	0,0057
		$K_u = 11,8555$	$K_u = 6,9377$

В [3, 4] предложены новые методы решения этой проблемы за счёт модернизации обмоток ротора, а не статора. При этом для получаемых форм МДС расчетное значение  $K_u$  не превышает 3%.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Носков В.И. Метод определения гармонического состава фазного тока статора асинхронного двигателя в системах регулируемых приводов / В.И. Носков, Н.В. Мезенцев, Г.В. Гейко, М.В. Липчанский // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. – 2015. – №7 (132). – С. 59-61.
2. Серебренников М.Г. Гармонический анализ / М.Г. Серебренников. – М.: ОГИЗ, ГОСТЕХИЗДАТ. – 1948. – 504 с.

3. Брошура «Новые концепции совершенствования электрооборудования ГЭС и ГАЭС. Рекомендации по модернизации генераторов и трансформаторов» / В.В. Кузьмин, Т.В. Шпатенко, В.С. Шпатенко, Ю.Н. Бондаренко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 65220. – Зареєстр. в Держ. службі інтелектуальної власності України 06.05.2016.
4. Брошура «Режимы возбуждения и устойчивость работы синхронных генераторов. Системный подход к повышению эффективности генерирования и передачи мощности в больших энергосистемах» / В.В. Кузьмин, Т.В. Шпатенко, В.С. Шпатенко // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 64346. – Зареєстр. в Держ. службі інтелектуальної власності України 03.03.2016.

### **МЕТОДИКА НАКОПИЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**

**Обідін Д.М.,**

*Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, d.obidin@mail.ru*

**Мусієнко А.П.,**

*КНУ імені Тараса Шевченка, musienkoandrey@gmail.com*

**Арделян В.В.,**

*Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, viktorija1801-92@mail.ru*

В доповіді буде розглянута методика накопичення діагностичної інформації при виконанні діагностування в розподілених базах знань інтелектуальних систем на прикладі пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна. Крім того, розглянута процедура визначення коректного модуля, який виконуватиме алгоритм діагностування і передає інформацію про семантичний стан розподіленої бази знань до системи управління.

Функціональна стійкість, як властивість складної технічної системи, забезпечується шляхом перерозподілу деякої існуючої в системі надмірності з метою парирування наслідків позаштатних ситуацій. Заходи, які спрямовані на забезпечення або підвищення функціональної стійкості, в першу чергу, забезпечують поліпшення характеристик відмовостійкості і живучості, але не обов'язково показників надійності окремих комплектуючих елементів і виробів, а, так само, тактико-технічних характеристик системи. Теорія функціональної стійкості перебуває в стадії розвитку, і формування показників функціональної стійкості як показників ефективності складних технічних систем є важливим напрямком наукових досліджень. Аналіз функціональної стійкості інтелектуальної системи автоматичного управління повітряним судном, як складної інтелектуальної системи, дозволяє оцінити на скільки реальний процес функціонування системи буде відповідати розрахунковому, тому що завжди при розрахунках користуються наближеними моделями, і цілий ряд факторів не враховується.

Варто зазначити, що не всяка система може мати властивість функціональної стійкості, а саме, якщо немає надмірності, то нема чим і управляти при парируванні наслідків позаштатних ситуацій. Тому, в такому випадку, навіть потенційно неможливо забезпечити цю властивість. На відміну від цього база знань інтелектуальної системи польотом повітряного судна має надмірність всіх видів, а саме – функціональну, часову, інформаційну та структурну.

Отже, у сучасних умовах особливо важливим є забезпечення властивості функціональної стійкості процесів навігації та управління рухом повітряного судна. Це складне завдання доцільно поділити на ряд часткових завдань, одним з яких є розробка методики накопичення діагностичної інформації при виконанні діагностування в розподілених базах знань пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна.

Відомо, що основною підсистемою будь-якої інтелектуальної системи є база знань, яка постійно поширюється за рахунок накопичення досвіту за час експлуатації. Але знання мають суб'єктивний характер, а тому потребують оцінки їх достовірності для подальшого раціонального використання в алгоритмах прийняття рішення. Проблематика так званої діагностики розподіленої бази знань та використання інформації про достовірність знань при формуванні управління, яке парирує наслідки нештатних ситуацій потребує детального вивчення, цьому питанню й присвячена дана доповідь.

При організації процедури діагностування одним з важливих завдань є завдання визначення коректного модуля, на який слід покласти функції аналізу структури і синдрому, тобто виконання алгоритму діагностування.

При динамічному діагностуванні це завдання вирішується завдяки способу умовної передачі результатів елементарних перевірок. Основним завданням даного способу є накопичення діагностичної інформації в пам'яті коректних модулів розподіленої бази знань (РБЗ). Накопичення виконується завдяки тому, що результати перевірок пересилаються в модулі РБЗ, перевірені з результатом "0".

У разі одиничного результату перевірки ( $\tau=1$ ), діагностична інформація не пересилається, а запам'ятовується в пам'яті перевіряючого модуля. Завдяки даній процедурі, коректні модулі швидше накопичають достатній об'єм інформації для діагностування. Це необхідно для того, щоб алгоритм діагностування виконувався тільки коректним модулем, оскільки при виконанні алгоритму некоректним модулем можливе неправильне визначення семантичного стану РБЗ.

Для отримання результату діагностування з високою достовірністю необхідно, щоб інформація про результати перевірок накопичувалася тільки в коректних модулях. У цьому плані правомірним є доведення наступної теореми.

*Теорема.* При пересилці діагностичної інформації згідно способу умовної передачі результатів елементарних перевірок для будь-якої поточної структури справедливо, що один із коректних модулів накопичить більше результатів перевірок, ніж некоректні модулі.

## ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПІЄЛОНЕФРИТУ

Огнева О.Є.<sup>1</sup>, Примаченко О.Г.<sup>2</sup>, Дзюба Р.О.<sup>1</sup>, Кічін В.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Херсонський національний технічний університет, м.Херсон, Бериславське шосе, 24,  
Oksana\_Ogneva@meta.ua,

<sup>2</sup>«Херсонська дитяча обласна клінічна лікарня» ХОР, м. Херсон, вул.Українська, 81, elen.pryma@mail.ru

**Вступ.** Системи підтримки прийняття рішень в медицині використовуються для вирішення таких завдань, як комп'ютерний аналіз ситуації, допомога в діагностиці захворювань, вибір методів лікування на основі накопиченої статистики та експертних знань та ін [3].

Постановка діагнозу з наявного набору симптомів захворювання у хворого досить складне завдання і носить багатокритеріальний характер.

**Постановка задачі.** За даними всесвітньої організації охорони здоров'я пієлонефрит за поширеністю посідає друге місце після гострих респіраторних захворювань. Незважаючи на велику різноманітність діагностичних методів, постановка діагнозу пієлонефриту залишається непростим завданням.

Застосування апарату байєсівських мереж довіри для підтримки прийняття рішень у медичній діагностиці дозволить підвищити якість за рахунок реалізації автоматизованого процесу побудови кінцевої множини рішень для лікаря.

**Викладення основного матеріалу.** Медичні діагностичні СППР спрямовані на підтримку прийняття рішення про характер захворювання на основі результатів різних медичних обстежень і даних про самопочуття пацієнта. Більшість систем мають прескриптивний характер, тобто мають вигляд: якщо є спостереження, то необхідно робити втручання. На практиці лікарю доводиться стикатися з невизначеністю симптомів та результатів медичних обстежень [2].

Важливою областю використання байєсівських мереж (БМ) довіри є медична діагностика. Використання СППР на основі БМ дозволить лікарям приймати рішення в умовах невизначеності наявної інформації про стан пацієнта і результати його лабораторних обстежень, а для медичної прогностики - дозволить приймати обґрунтовані рішення про курс лікування пацієнта [1-2].

Байєсовские мережі довіри дозволяють моделювати знання з невизначеністю. Апарат байєсівської мережі довіри дозволяє комбінувати наявні статистичні дані про характеристики здоров'я пацієнтів у доповнення до експертної інформації, яку надають лікарі-спеціалісти [1-3].

Структура діагностичної байєсівської мережі довіри подається елементами процесу діагностики захворювання та взаємозв'язками між ними. Основою для побудови взаємозв'язків є експертна інформація, наявні медичні дослідження, спрямовані на виявлення подібних взаємозв'язків між елементами процесу діагностики захворювання, накопичені статистичні дані [1, 2].

Структура зв'язків розробленої байєсівської мережі наведена на рис.1. Для побудови структури зв'язків БМ використовувалися знання експертів в даній галузі. Для розрахунків використано програмний пакет GeNie 2.0, який є програмною реалізацією системи прийняття рішень на основі БМ довіри.

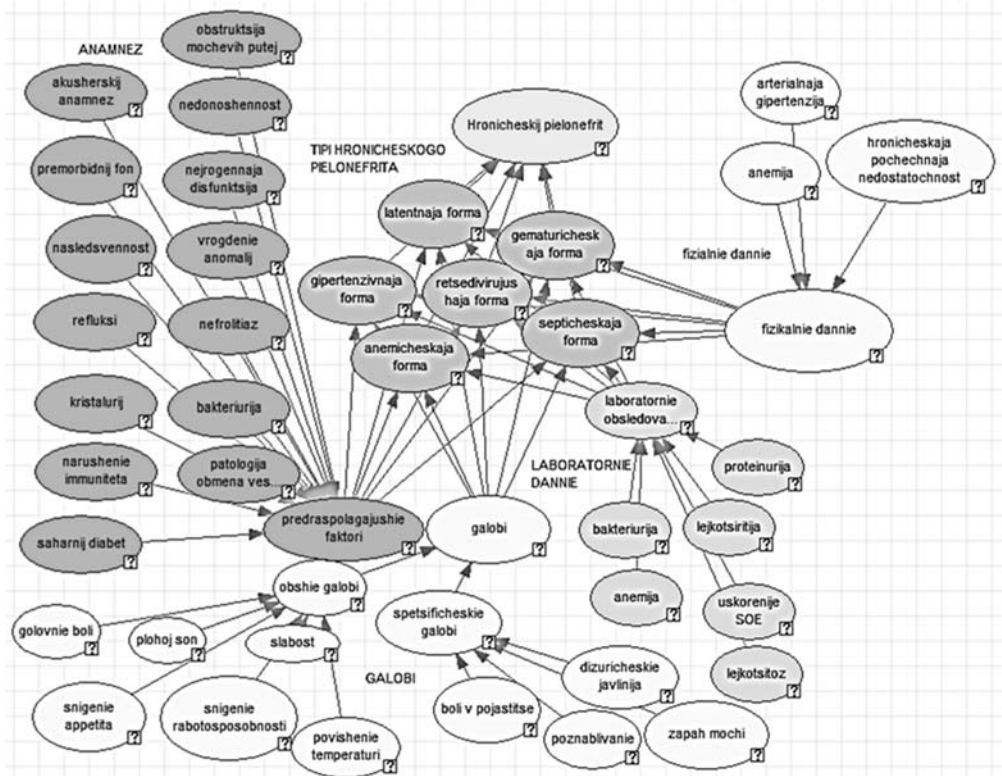


Рис.1. Структура зв'язків байєсівської мережі для діагностики хронічного пієлонефриту

Медицина СППР, що реалізує використання байєсівських мереж видає кінцеву множину рекомендацій лікарю щодо відповідності симптомів захворювання пієлонефритом. Лікар має використовувати таку медичну систему як засіб часткової автоматизації складного процесу діагностування хворого, що, в свою чергу, дозволить дещо розвантажити і впорядкувати роботу медпрацівників, а також виключити повну залежність постановки діагнозу хворому тільки від людського фактору і підвищити ступінь об'єктивності діагностики захворювань.

**Висновки.** Автоматизація процесу діагностики захворювання на базі використання байєсівських мереж довіри, як основи підтримки прийняття рішень, дозволить підвищити безпеку пацієнтів при медичному втручанні в їхнє життя, максимально елімінує вплив людського фактору на процес прийняття рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бидюк П.И. Построение и методы обучения байесовских сетей / Бидюк П.И., Терентьев А.Н. – Таврический вестник информатики и математики, 2004, № 2, с. 139-153.
2. Мусина В.Ф. Байесовские сети доверия как вероятностная графическая модель для оценки медицинских рисков. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://docviewer.yandex.ua/view/100084196/?\\*=c6OSjjB9rMGu5PqkLOY8fGgSvPJ7InVybc16Imh0dHA6Ly9wcm9jZWVkaW5ncy5zcGlpcmFzLm53LnJlL29qcy9pbmRleC5waHAvc3AvYXJ0aWNsZS9kb3dubG9hZC8xOTExLzE3MTkiLCJ0aXRzZS16IjE3MTkiLCJ1aWQiOiIxMDAwODQxOTYiLCJ5dSI6IjIyNTc0NTQ1MDE0NjAxNzQ5NDAlLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiOiJ0OTM3MzlxNTI3Mzlx9&lang=ru](https://docviewer.yandex.ua/view/100084196/?*=c6OSjjB9rMGu5PqkLOY8fGgSvPJ7InVybc16Imh0dHA6Ly9wcm9jZWVkaW5ncy5zcGlpcmFzLm53LnJlL29qcy9pbmRleC5waHAvc3AvYXJ0aWNsZS9kb3dubG9hZC8xOTExLzE3MTkiLCJ0aXRzZS16IjE3MTkiLCJ1aWQiOiIxMDAwODQxOTYiLCJ5dSI6IjIyNTc0NTQ1MDE0NjAxNzQ5NDAlLCJub2lmcmFtZSI6dHJ1ZSwidHMiOiJ0OTM3MzlxNTI3Mzlx9&lang=ru)
3. Степанова М. Д., Самодумкин С.А. Прикладные интеллектуальные системы в области медицины: Учеб.-метод. пособие. Мн.: БГУИР, 2000.

## МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІОНОЇ МЕРЕЖІ, ПОБУДОВАНИЙ НА СУКУПНОСТІ РУХОМИХ ВУЗЛІВ

Ольшевський С.В., Танасійчук Я.В.

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, Київ 03022, пр-т. Глушкова, 4г

### Вступ.

Технології використання БПЛА для розв'язку різноманітних оперативного-тактичних та моніторингових задач народного господарства набувають все більшого розвитку. З іншого боку одним з методів підвищення надійності телекомунікаційних каналів є створення децентралізованих телекомунікаційних мереж ((ДТКМ). Заміна радіоканалів зв'язку на бездротові оптичні канали з голковою діаграмою спрямованості може бути одним з шляхів як підвищення надійності такої ДТКМ в умовах інтенсивних електромагнітних завад так і захистом від несанкціонованого доступу до таких мереж сторонніми пристроями. В роботі розглядається моделювання процесу автоматичного створення та підтримання ДТКМ, за вузли яких править сукупність взаємодіючих БПЛА.

### Постановка задачі.

Провідною технічною проблемою мережі, побудованій на сімействі БПЛА, є вразливість просторової структури її вузлів щодо зовнішніх збурень. В зв'язку з цим розглядається задача дослідження впливу таких збурень на пропускну здатність динамічної ДТКМ.

### Запропонований підхід.

Використовуючи стандартні алгоритми маршрутизації децентралізованих мереж [1,2], розв'язується задача оптимізації топології вузлів ДТКМ за пропускну здатністю шляхом просторової реконфігурації її вузлів з використанням популяційних алгоритмів [3–6].

### Основний матеріал.

Алгоритм утримання каналу динамічної ДТКМ в заданих межах пропускну здатності при умовах стаціонарних стохастичних зовнішніх збурень рою схематично представлений на рис. 1.

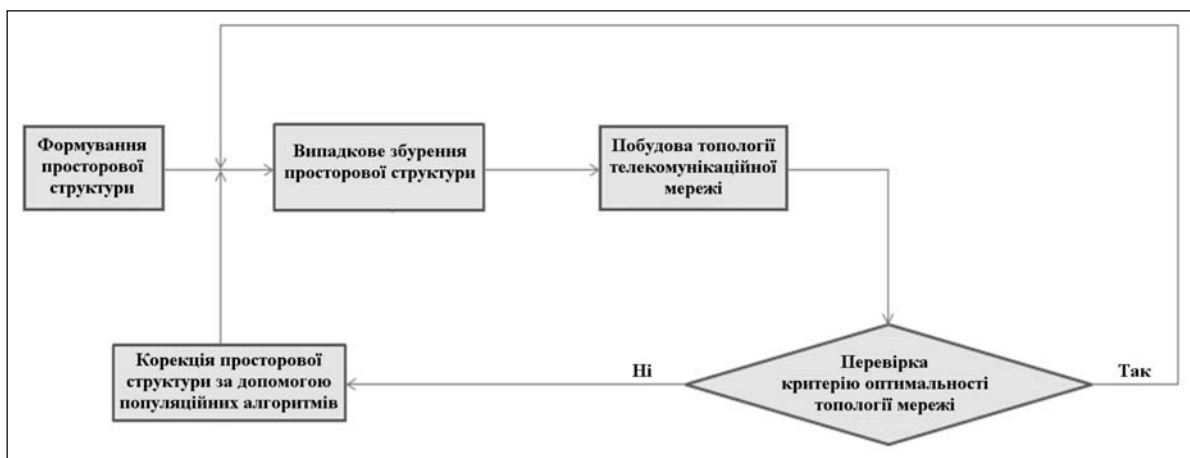


Рис. 1. Алгоритм утримання телекомунікаційного каналу побудованого на рухомих вузлах.

Нульовим кроком створення динамічної ДТКМ було формування заданої початкової просторової конфігурації сукупності вузлів за допомогою популяційних алгоритмів. Наступним кроком є збурення просторової конфігурації додаванням випадкових приростів до просторових координат вузлів. На отриманій конфігурації з використанням алгоритму Дейкстри прокладали варіанти маршрутів мережі між периферійними точками рою БПЛА. Для створеної топології телекомунікаційної мережі обчислювали середню пропускну здатність між її периферійними точками, при умові що кожен вузол рою має не більше 3 сусідів. Під сусідом розуміли вузол, який зв'язаний з поточним вузлом фізичним каналом з пропускну здатністю не нижче заданої. Якщо внаслідок збурення середня пропускну здатність виходила за наперед задані межі, за допомогою популяційних алгоритмів здійснювали корекцію просторової конфігурації вузлів ДТКМ. В протилежному випадку відпрацьовували вплив потоку збурювальних подій з подальшим контролем оптимальності топології.

В середовищі AnyLogic було створено імітаційну модель динамічної ДТКМ, побудованій на сукупності рухомих вузлів. За популяційний алгоритм просторової реконфігурації сукупності вузлів було обрано алгоритм пошуку косяком риб, оскільки попередні дослідження показали його ефективність[5], а також можливість його використання для розв'язку подібних задач [6].



На рис. 2. Наведено кроки еволюції топології динамічної ДТКМ після дії зовнішнього збурення. Кадр а) відповідає збуреному стану динамічної телекомунікаційної мережі, кадр б) представляє стан топології на першому кроці оптимізації, кадр в) відповідає оптимізованій топології.

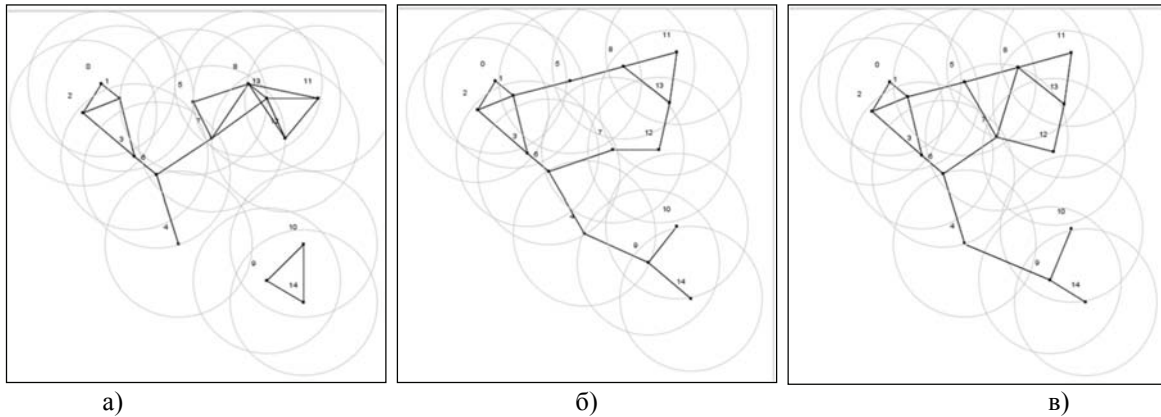


Рис. 2. Еволюція топології динамічної ДТКМ внаслідок взаємодії : а – збурений стан, б – після першої ітерації, в – оптимізована топологія

Кінцевою метою числового експерименту була оцінка часу встановлення оптимальної топології мережі. Час встановлення оптимальної просторової конфігурації обчислювали за формулою:  $t_k = \sum_{i=1}^N t_i$ ,

де  $i$  – номер ітерації;  $N$  – кількість кроків перебудови просторової структури;  $t_i$  – час виконання  $i$ -го кроку, який дорівнює  $t_i = t_{opt} + t_p + t_{move}$ ,  $t_{opt}$  – час відпрацювання алгоритму побудови маршруту з максимальною пропускну здатністю ДТКМ для заданої просторової конфігурації її вузлів,  $t_p$  – час відпрацювання популяційного алгоритму перебудови просторової конфігурації вузлів ДТКМ та  $t_{move}$  – максимальний час, витрачений на виконання рішення (здійснення переміщень БПЛА). Згідно з результатами аналізу моделей квадрокоптерів, представлених на ринку, – максимальна швидкість переміщення вузлів децентралізованої мережі в середньому складає 20 м/с. Максимальна відстань між дронами, яка дозволяє технічне забезпечення надійного оптичного каналу зв'язку сучасними засобами становить 7 км. Характерний час сходження алгоритмів  $t_{opt} \sim 2$  мс та  $t_{opt} \sim 30$  мс. Для вибраних характеристик динамічної ДТКМ обчислений час встановлення оптимальної конфігурації  $t_k$  склав 6,5 сек.

#### Висновки.

В результаті моделювання було показано, що сумісне використання популяційного алгоритму пошуку косяком риб та алгоритму Дейкстри маршрутизації децентралізованих мереж відкриває принципову можливість створення стійких децентралізованих телекомунікаційних мереж, побудованих на сукупності рухомих вузлів. Для мереж, за рухомі вузли яких править сукупність взаємодіючих БПЛА з відстанню між вузлами 5 км характерний час відновлення зруйнованого каналу зв'язку становить  $\sim 6.5$  секунд.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Аналіз можливостей використання інтелектуальних агентів для побудови системи управління вузлами радіомереж класу MANET . Симоненко О.А., Уманець Я.Л., д.т.н. Романюк В.А., к.т.н. Сова О.Я.
2. Методология оперативного управления мобильными радиосетями. Минович А.И., Романюк В.А.
3. Юрьевич Е.И. Интеллектуальные роботы. Машиностроение.-2007. ISBN : 5-217-03339-8
4. Матренин П.В., Секаев В.Г. Системное описание алгоритмов роевого интеллекта// Программная инженерия . 2013.№12.С.39-47.
5. Исследование эффективности алгоритма поиска косяком рыб в задаче глобальной оптимизации. Частикова В.А., Дружинина М.А., Кекало А.С. УДК 004.023
6. Адаптация алгоритма поиска косяком рыб для оптимизации движения квадрокоптеров. Частикова В.А., Дружинина М.А., Кекало А.С. УДК 004.023

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОАТОМНИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ЧИСЛОВОЇ СИМУЛЯЦІЇ ЇХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СПЕКТРІВ

Ольшевський С.В., Цибулько М.С., Носенко В.О.

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна, Київ 03022, пр-т. Глушкова, 4г

### Вступ.

В зв'язку з необхідністю контролю за розповсюдженням стійких органічних забруднювачів, особливо нових, які поки не регламентовані списком Стокгольмської конвенції, актуальною є задача ідентифікації молекул невідомих речовин. Стандартні методи хімічного аналізу, як правило, ґрунтуються на порівнянні фізико-хімічних характеристик цільових молекул з еталонними характеристиками відповідних аналітичних стандартів. Проте потреби сільськогосподарського використання нових пестицидів, гербіцидів, фунгіцидів, диктують розробку сполук, для яких відповідні аналітичні стандарти ще не розроблені. Тобто готові методи ідентифікації принципово відстають від переліку речовин, що підлягають контролю. В представленій роботі пропонується новий підхід, який ґрунтується на ідентифікації молекули за допомогою числової симуляції їх коливно-обертових спектрів.

### Постановка задачі.

Задача автоматизованого процесу ідентифікації нових молекул полягає в синтезі за допомогою стимулятора гіпотетичної структури молекули аналіту, розрахунку її коливно-обертового спектру, адаптації розрахованого спектру до умов експериментальних методик отримання інфрачервоних спектрів та порівняння симульованих спектрів з експериментальними.

### Запропонований підхід.

В стандартному пакеті для розв'язку задач фізичної хімії методами квантової механіки Gaussian09W проводять синтез структури молекули, яка гіпотетично є молекулою аналіту. Для оптимізованої молекули розраховують спектр її власних коливань. Для отриманих коливних мод методами квантової механіки розраховують коливно-обертові моди для температури середовища, що відповідає умовам методики реєстрації інфрачервоного спектра молекул аналіту. Методом згортки з апаратною функцією спектрального приладу симульований коливно-обертовий спектр адаптують до умов реєстрації експериментального інфрачервоного спектра. Перебираючи елементи синтезованої в стимуляторі сукупності досліджуваних молекул, розв'язують задачу умовної оптимізації де за робочу функцію править взаємна кореляція синтезованого коливно-обертового спектру та експериментально отриманого інфрачервоного спектру.

### Основний матеріал.

За початковими умови для розрахунку інфрачервоних спектрів молекули брали набір коливних мод, отриманих з Gaussian09W при оптимізації просторової структури молекули. Для кожної коливної моди згідно з [1] частоти обертових мод в  $\text{см}^{-1}$  розраховували за формулою  $\nu[i] = \nu_0 + \frac{h}{8\pi^2 I c} (i+1)$ , де  $I = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2$  – момент інерції молекули,  $h$  – константа Планка,  $c$  – швидкість світла в вакуумі,  $m_i$  – маси атомів, що складають молекулу  $r_i$  – координати атомів в просторовій структурі молекули. Інтенсивності обертових мод розраховували виходячи з припущень термодинамічної рівноваги обертових станів молекули з навколишнім середовищем. Для обчислень залежності інтенсивності обертових мод від частоти коливань використовували закон розподілу за енергіями Больцмана з температурою, що відповідає умовам експериментальної реєстрації інфрачервоного спектру молекули. За умову нормування брали рівність значення інтегралу за розподілом інтенсивності обертових мод отриманих з Gaussian09W інтенсивності коливної моди. Сума розрахованих для кожної коливної моди послідовності обертових мод за всіма коливними модами приймали за коливно-обертовий спектр молекули.

Адаптація коливно-обертового спектру до умов експериментальної реєстрації здійснювали врахуванням функції щільності спектрального приладу, або інакше – апаратної функції. Згідно з [2] вплив апаратної функції полягає в тому, що сигнал на виході спектрального приладу є згортокою істинного спектру з функцією щільності:  $f(\nu) = \int_{-\infty}^{\infty} a(\nu - \nu') \varphi(\nu') d\nu'$ , де  $a(\nu)$  – функція щільності спектрального приладу,

$\varphi(\nu)$  – істинний спектр.

Спотворений впливом апаратної функції спектрального приладу сигнал розраховували за формулою  $S[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a[n-k]\varphi[k]$ , де  $a[k]$  – відліки значень апаратної функції з кроком дискретизації  $\delta = \frac{h}{8\pi^2 I c}$  см<sup>-1</sup> та  $\varphi[k]$  – інтенсивності обертових мод.

Для відпрацювання запропонованої методики використовували молекулу гексахлорбензолу C<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>. На рис. 1 зіставлені експериментальний інфрачервоний спектр гексахлорбензолу, взятий з бази даних NIST – крива 1, та розрахований за запропонованою методикою спектр для синтезованої молекули – крива 3. Вертикальні лінії 2 відповідають коливним модам.

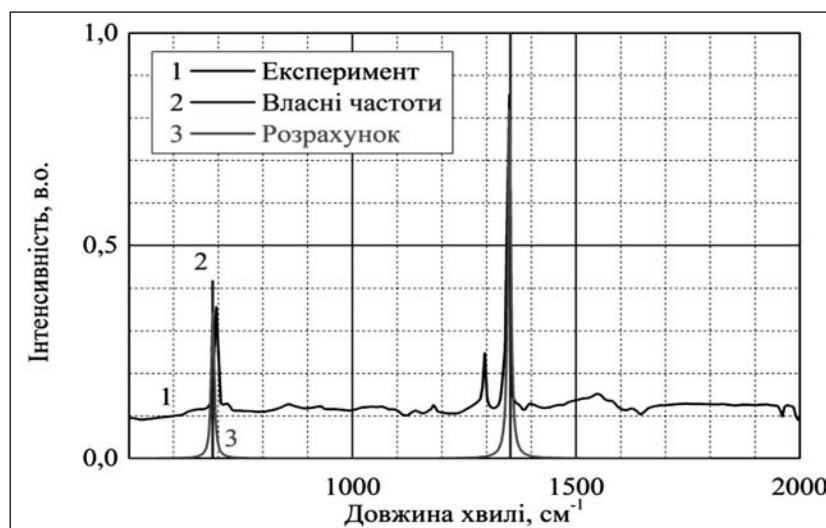


Рис. 1. Інфрачервоний абсорбційний спектр гексахлорбензолу. Крива 1 відповідає експериментальному абсорбційному спектру[3], піки 2 – розрахованим в Gaussian09W коливним модам, крива 3 – обчислені з урахуванням трапецієвидної апаратної функції коливно-обертові спектри.

За результатами тестової перевірки можна стверджувати, що синтезований за розрахованими коливними модами інфрачервоний спектр достанім ступенем надійності дозволяє ідентифікувати цільову молекулу. Наявність в експериментальному спектрі смуги поглинання яка не співпадає з набором коливних мод може бути пов'язана з неточним вибором квантово-механічної моделі в пакеті Gaussian09W. Незначна невідповідність синтезованих частот з експериментальними може бути пов'язана з неврахуванням ангармонізму молекулярного терму.

#### Висновки.

В результаті виконаної роботи розроблено метод ідентифікації багатоатомної молекули за синтезованим коливно-обертовим спектром. На прикладі молекули гексахлорбензолу було показано високий ступінь збігу синтезованого та експериментального спектрів з коефіцієнтом взаємної кореляції не гіршим за точність експерименту.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Г. Герцберг, Колебательные и вращательные спектры многоатомных молекул. М., Изд. Иностран. лит., 1949, 648 стр.
2. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. изд. м.: эдиториал урсс, 2001. - 896с. isbn 5-8360-0177-4
3. [Електронний ресурс] <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?id=c118741&type=ir-spec&index=1>



вхідних впливів на систему до вектору  $x_0$ , що

$$\Phi = [\Phi_{11} \quad \Phi_{12}] = F_0^{-1} [MW \quad \Psi]; \quad (1)$$

$$F_0 = P - MW;$$

$R$  – симетрична додатно визначена вагова матриця.

Для розв'язання поставленої задачі на основі теореми Вінера-Хінчина у векторній формі [5], застосованої до вектору  $\varepsilon$ , знайдено рівняння зв'язку матриці  $S'_{\varepsilon\varepsilon}$  з блочною матрицею  $\Phi$

$$S'_{\varepsilon\varepsilon} = S'_{x_0x_0} - S'_{zx_0} \Phi^* - \Phi S'_{x_0z} + \Phi S'_{zz} \Phi^*,$$

в якому  $S'_{x_0x_0}$ ,  $S'_{zz}$  – транспоновані матриці спектральних щільностей випадкових процесів векторів  $x_0$  та  $z$ , відповідно, знайдені у результаті обробки експериментальних даних; індекс «\*» - позначає ермітове спряження матриці [4];  $S'_{zx_0}$  – транспонована матриця взаємних спектральних щільностей між векторними випадковими процесами  $x_0$  та  $z$ , яка у відповідності до рис. 1 дорівнює

$$S'_{zx_0} = \begin{bmatrix} S'_{y_0x_0} - S'_{x_0x_0} K^* & S'_{\Delta x_0} \end{bmatrix},$$

де  $S'_{\Delta x_0}$  – аналітична у правій на півплощині комплексної змінної дробово-раціональна матриця, знайдена як результат вінеровської факторизації [6] наступної суми

$$S'_{\Delta x_0} S'_{x_0\Delta} = S'_{x_0x_0} - (S'_{y_0x_0} - S'_{x_0x_0} K^*) (S'_{\Phi\Phi}) (S'_{x_0y_0} - K S'_{x_0x_0})$$

Мінімізація функціонала  $J$  на класі стійких та фізично реалізованих матриць варійованих передаточних функцій  $\Phi$  методом Вінера-Колмогорова [2, 3] дозволила знайти правило розрахунку варійованої матриці у вигляді

$$\Phi = (T_0 + T_+) D^{-1}, \quad (2)$$

де  $T_0 + T_+$  – матриця з полюсами у лівій півплощині комплексної змінної, яка є результатом сепарації (розщеплення) [1,2] наступного добутку

$$T_0 + T_+ + T_- = S'_{zx_0} D_*^{-1};$$

$D$  – результат вінеровської факторизації [6] транспонованої матриці  $S'_{zz}$ .

MFD перетворення [7] рівняння (2) дозволило визначити матриці  $F_0$ ,  $\Psi$  та добуток  $MW$ . Для розрахунку поліноміальної матриці  $M$  використано відомий зі статистичної динаміки систем керування результат

$$W = S'_{u_0y_0} (S'_{y_0y_0})^{-1},$$

де  $S'_{u_0y_0}$  – матриця взаємних спектральних щільностей між випадковими процесами  $u_0$  та  $y_0$ , знайдена за експериментальними даними;  $S'_{y_0y_0}$  – матриця спектральних щільностей випадкового процесу  $y_0$ . Підстановка отриманого значення до рівняння (1) дозволяє визначити, що

$$M = F_0 \Phi_{11} S'_{y_0y_0} (S'_{u_0y_0})^{-1}$$

У свою чергу поліноміальна матриця  $P$  дорівнює

$$P = F_0 (E_n + \Phi_{11})$$

Таким чином поставлена задача розв'язана.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.2: Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2004.- 640с.
2. Азарсков В.Н. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: Монография / В.Н. Азарсков, Л.Н. Блохин, Л.С. Житецкий / Под ред. Блохина Л.Н. – К.: Книжное издательство НАУ, 2006. – 440с. –Библиогр.: с.416-428
3. Технологи конструирования современных конкурентоспособных комплексов управления стохастическим движением объектов: Монография / Л.Н. Блохин, С.И. Осадчий, А.К. Дидык и др. – Кировоград: издатель-Лисенко В.Ф., 2015. – 284с.
4. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц/ Ф.Р.Гантмахер -4-е изд.- М.: Наука, 1988.- 552с.

5. Корн Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн / Пер. с англ. И.Г. Абрамовича и др. – М.: Наука, 1977.- 831с.
6. Davis M.C. Factoring the spectral matrix/ M.C.Davis // IEEE Trans. Automat. Contr. – 1963.- AC-8, N 4. – p. 296-305.
7. Алиев Ф.А. Временные и частотные методы синтеза оптимальных регуляторов / Ф.А. Алиев, В.А. Бордюг, В.Б. Ларин – Баку: Ин-т физики АН Азербайджанской ССР, 1988. – 46с. (Препринт №293/ АН Азербайджанской ССР. Ин-т физики)

## РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Панкратова Н.Д., Панкратов В.А.**

*Институт прикладного системного анализа Национального технического университета Украины  
"Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского", пр. Победы 37, Киев 03056  
natalidmp@gmail.com, pankratov.volodya@gmail.com*

Стратегией экономического и социального развития Украины на 2020 гг. предусмотрено, что определяющим приоритетом государственной политики должна стать структурная перестройка промышленности, развитие инновационной модели экономического роста, утверждение Украины как высокотехнологического государства. Избранный стратегический курс инновационного развития основывается на структурной перестройке экономических отраслей, технологическом обновлении промышленности, широком использовании достижений науки и техники, ставит перед обществом сложные междисциплинарные проблемы. Построение общества, экономика которого базируется на знаниях, требует постоянного анализа ведущих тенденций и оценки горизонтов научно-технологического и инновационного развития.

Мировым центром данных по геоинформатике и устойчивому развитию (<http://wdc.org.ua/>) Международного Совета по науке (ICSU) при Национальном техническом университете Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского» и Институте прикладного системного анализа выполнено второе исследование «Форсайт экономики Украины на среднесрочном (2015-2020 годы) и долгосрочном (2020-2030 годы) временных горизонтах» [1]. Было выявлено и описано отрасли, которые могут стать главными драйверами или локомотивами инновационного развития: создание новых веществ и материалов, информационно-коммуникационные технологии, военно-промышленный комплекс, высокотехнологичное машиностроение, высшее образование и другие - всего десять позиций. Принимая во внимание, что одним из главных драйверов экономики является высшее образование, было целесообразно выявить и исследовать приоритетные направления развития высшего образования в Украине

С целью выявления рациональной траектории развития высшего образования страны в будущем используется системный подход к решению задач развития социально-экономических систем на основе синтеза методологий предвидения и когнитивного моделирования в виде двухэтапной модели. Привлечение на этапе предвидения методов качественного анализа таких как методы Делфи, перекрестного анализа, морфологического анализа, SWOT-анализа и др. позволяет построить альтернативы сценариев с количественными значениями характеристик. Полученные характеристики являются исходными данными для начальной итерации когнитивного моделирования [2]. Для обоснованной реализации той или иной альтернативы сценария привлекается методология нечеткого когнитивного моделирования, что позволяет на основании знания и опыта построить причинно-следственные связи, понять и проанализировать поведение сложной системы на стратегическую перспективу при большом количестве взаимосвязей и взаимозависимостей и предложить научно обоснованную стратегию реализации приоритетного сценария.

В результате проведения SWOT-анализа развития высшего образования в Украине были выявлены факторы, которые взяты за исходные для построения начальной когнитивной модели. Построенная устойчивая когнитивная карта включает следующие составляющие сценария развития высшего образования в Украине:

1. Уменьшение несоответствия высшего образования современным требованиям благодаря действующему международному сотрудничеству.
2. Установление связи с бизнесом и наукой, уменьшение несоответствия высшего образования современным требованиям, обусловленное внедрением международных проектов и привлечением инвесторов.
3. Повышение качества образования, ведущего к уменьшению темпов обесценивания дипломов.

4. Повышение качества подготовки и воспроизводства человеческого капитала, что будет способствовать повышению конкурентоспособности страны в мире.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Форсайт економіки України на середньострокову і довгострокову перспективу //XIII міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем», Матеріали конференції, 18-20 листопада 2015 р., Дніпропетровськ, Україна.- 2015. – С.75- 77.
2. Zgurovsky M., Pankratov V.A. Strategy of innovative development of region on the basis of foresight methodologies and cognitive modeling synthesis //System research &Information Technologies, № 2, 2014. P.7-20.

**СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СПЕЦІАЛЬНИМИ ТИПАМИ  
ЗВЕРНЕНЬ ДО МУНІЦИПАЛІТЕТІВ ЧЕСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ**

**Піднебесна А.О.**

*Чеський Технічний Університет в Празі, Чеська Республіка, Прага, Техніцка 2.  
Інститут інформатики, Чеська Республіка, Прага, Под Водаренською вежі 2.  
pidneann@fel.cvut.cz*

**Абстракт.** Аналіз множинних часових рядів грає важливу роль у сучасному житті. Великий клас теоретичних і практичних задач широко використовує інформацію про тренди в даних, їх зміни, та внутрішні залежності. Тому важливим стає аналіз, оцінка і моделювання поведінки таких часових рядів. В цій статті ми досліджуємо реальні дані, які описують звернення до муніципалітетів Чеської Республіки. Дані включають в себе п'ять спеціальних типів звернень, які за припущенням між собою залежні. Нашою ціллю є побудова хорошої моделі процесу. В цій роботі ми використовуємо такі підходи як пошук точок зміни, лінійний та кореляційний аналіз. В ході аналізу ми відзначили результати, які можуть бути логічно пояснені, виходячи з існуючих законів та процедури звернень. Ця стаття є витягом з дослідження, описаного в [2].

**Вступ.** В цій роботі ми працюємо з реальними даними, які описують кількість звернень до муніципалітетів в Чеській Республіці. Ці дані можуть бути описані часо-просторовим точковим процесом. Також, часова координата може бути представлена як можинний часовий ряд.

В [1] ми працювали з цими даними як із часо-просторовим точковим процесом. Ми показали, що цей процес не може бути змодельовано в неперервному просторі, але може бути описаний в дискретному просторі. Також ми дослідили, що часова і просторова координати процесу не є незалежними, і кількість звернень до одного муніципалітету не може бути змодельована за допомогою розподіла Пуасона. Однак, ми описали процедуру використання емпіричних розподілів для моделювання і аналізу процесу.

В цій роботі ми сконцентрувались на часових координатах процесу. Ми описали техніку пошуку точок зміни, яка підходить для даних такого типу, і її застосування на реальних даних. Також ми провели кореляційний і лінійний регресійний аналіз для того, аби побудувати модель звернень за допомогою електронних захищених скриньок. Однак, результати такого моделювання виявилися недостатньо хорошими.

**1. Опис даних**

Громадська адміністративна модель, яка застосовується на території Чеської Республіки, запроваджується за допомогою муніципалітетів. Такі муніципалітети розташовані по всій території Чехії. Звернення до муніципалітетів поділяються на групи згідно з типом звернення. Існує п'ять спеціальних типів звернень: електронні гарантовані (захищені електронні скриньки), електронні не гарантовані, прислані звичайною поштою, принесені особисто, та інше. Протягом роботи, муніципалітети також взаємодіють між собою, тому звернення також поділяються на «вхідні» та «вихідні».

Кожний муніципалітет мусить запровадити повну систему записів звернень громадян, в електронній або будь-якій іншій формі. Однак, після 2009 року майже всі муніципалітети перейшли на електронний вигляд записів, тому що кожний муніципалітет мусив запровадити електронні захищені поштові скриньки для звернень. Такі системи фіксують всі звернення, вхідні та вихідні, а також містять дату, адресата і тип звернення.

Ми працюємо з даними, які сформовані як записи про звернення декількох муніципалітетів. В даних кожний муніципалітет вказано за його географічними координатами, які інтерпретуються як просторові точки. Однак, в цій роботі ми не працюємо з просторовими точками, нас цікавлять тільки часові координати, які задані в форматі рік, місяць, день. До початку аналізу дані були опрацьовані: з даних були

видалені всі вихідні і святкові дні, а решта днів була згрупована помісячно. Пронумеровані місяці стали нашими часовими точками. Таким чином ми представляємо дані як множинний часовий ряд.

## **2. Точки зміни**

Одним із перспективних підходів в аналізі часових рядів є пошук і використання точок змін. В цій роботі ми застосували такі техніки на реальних даних. Головною ідеєю було знайти типові точки змін для даних з різних муніципалітетів, а також проаналізувати, чи всі типи звернень мають однакові точки змін.

В обраній нами техніці знаходження точок змін, процес передбачається частково лінійним, і на першому кроці тестується нульова гіпотеза про відсутність змін у параметрах лінійної регресії. У випадку відхилення нульової гіпотези використовуються існуючі методи оцінювання точки зміни. Детальне описання можна знайти в [3].

Описаний підхід працює для знаходження не більш як однієї точки зміни. Також існують методи для знаходження кількох точок змін одночасно, але вони потребують великих обчислювальних потужностей навіть для невеликого об'єму даних. Тому в цій роботі для аналізу ми використовували наступний підхід: для кожного часового ряду проводиться пошук однієї точки зміни, і якщо вона знайдена, то для двох частин (до точки зміни і після точки зміни), процедура повторюється. Таким чином ми знаходимо до трьох найбільш важливих точок змін. Цю процедуру ми застосували для даних по всім наявним муніципалітетам, для кожного типу звернень окремо, і для всіх одночасно. Для деяких муніципалітетів ми порівняли нашу методику з методикою знаходження кількох точок змін одночасно, і отримали ті самі результати. Тож, можна припустити, що запропонована методика може використовуватись для пошуку головних точок зміни, так як дає задовільні результати за значно коротший час.

За використання такого підходу ми отримали до 3 точок змін для кожного типу звернень. Даний набір моментів змін дав нам можливість провести аналіз, в який період часу найчастіше відбувались зміни, і подивитись чи виникають залежності між виникненням змін в різних типах звернень. Результати показали, що найбільше змін відбулось наприкінці 2009 року – в листопаді та грудні місяці. Цей факт пояснюється тим, що в цей період часу всі муніципалітети повинні були запустити в роботу електронні захищені поштової скриньки.

Після отримання цього результату ми сконцентрувались на періоді з вересня 2009 року по березень 2010. Подивившись ближче на розподіл змін по типах звернень, ми звернули увагу, що найбільша кількість змін стосувалась тільки двох типів: електронні захищені (через скриньки), і поштою. Цей результат також видається досить логічним, адже люди, які раніше посилали звернення звичайною поштою, тепер стали використовувати електронні скриньки. З цього можна зробити припущення, що звернення, надіслані через електронні скриньки, і звернення, надіслані звичайною поштою, можуть бути залежні між собою. А отже, при моделюванні кількості звернень через електронні скриньки може бути використано інформацію про кількість звернень звичайною поштою.

## **3. Лінійна регресія і кореляційний аналіз**

Найбільш цікавим для використання на практиці є моделювання типу звернень через електронні скриньки в період після 2009 року (коли скриньки були запроваджені всюди). Ми побудували діаграми розкиду для всіх можливих пар типів звернень, які містять звернення через електронні скриньки. Також ми порахували коефіцієнт кореляції для всіх можливих пар типів звернень. Значущі коефіцієнти кореляції виявились тільки між зверненнями через електронні скриньки та через пошту, електронні скриньки та особисті звернення, та між зверненнями через пошту і принесеними особисто відповідно.

Також ми спробували побудувати лінійну регресійну модель, де тип звернень через електронні скриньки був залежною змінною, а решта типів виступали в ролі регресорів. Ми спробували всі можливі комбінації наборів регресорів, при цьому використовували коефіцієнт детермінації для визначення, наскільки хорошу модель ми отримали. Нажаль, результати виявились незадовільними: найкраще значення коефіцієнту детермінації виявилось близько 0.8, модель містила в собі всі можливі регресори. Всі інші результати були набагато гірші. Тож, було зроблено висновок, що лінійна регресійна модель не може бути використана для адекватного опису даних.

## **4. Висновок і подальша робота**

В цій роботі ми демонструємо приклади використання сучасних методів аналізу на реальних даних. Ми використали такі підходи як техніки пошуку точок змін, кореляційний аналіз та лінійна регресія. Ми виявили, що дані такого типу не описуються за допомогою лінійної регресії. Також ми описали техніку знаходження точок зміни процесу, яку можна використовувати для даних такого типу, і яка працює значно простіше і швидше за загально вживану.

Як подальший напрямок роботи ми плануємо використати авторегресійні моделі для побудови моделей, аналізу внутрішньої структури даних, і, можливо, прогнозування.



ЛІТЕРАТУРА:

1. A. Pidnebesna, K. Helisová, J. Dvořák, R. Lechnerová, T. Lechner, „Statistical analysis and modelling of submissions to municipalities in the Czech Republic”. Information Bullentin of the Czech statistical society, vol. 27(4), 2016.
2. A. Pidnebesna, K. Helisová, J. Staněk, R. Lechnerová, „Statistical analysis dependencies between special submissions to municipalities in the Czech Republic”, in preparation.
3. J. Antoch, M. Huřskova, and D. Jaruřskov’a, „Change point detection”. 5th ERS IASC Summer School, 2000.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАНИЧНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ**

**Поберейко С. Б., Соколовський Я. І.**

*Національний лісотехнічний університет України,  
м. Львів, вул. Генерала Чупринки 103,  
Sofi\_23@i.ua, sokolowskyu@ukr.net*

У ході досліджень створено математичну модель визначення міцності анізотропних матеріалів. Проведено її апробацію на деревині листяних та хвойних порід. Це дозволяє розрахувати граничні напружені стани як матеріалів із слабкою так і матеріалів із сильною асиметріями меж міцності. Дану модель можна використовувати для моделювання міцності як деревини листяних так і деревини хвойних порід у радіально – тангенціальній площині структурної симетрії.

Математична модель містить такі складові:

- умова міцності деревини, як ортотропного матеріалу в умовах двовісного напруженого стану [1, 2]:

$$\frac{1}{2\sqrt{E_{11}E_{22}}} \left( (1 - \mu_{23}\mu_{32}) \sqrt{\frac{E_{22}}{E_{11}}} \sigma_{11}^2 + (\mu_{13}\mu_{32} + \mu_{23} - \mu_{31} - \mu_{12} - \mu_{21}) \sigma_{11} \sigma_{22} + (1 - \mu_{13}\mu_{31}) \sqrt{\frac{E_{11}}{E_{22}}} \sigma_{11}^2 \right) - \frac{k}{E_{11}} \left( 1 - \mu_{23}\mu_{32} + (\mu_{23}\mu_{31} - \mu_{21}) \sqrt{\frac{E_{11}}{E_{22}}} + (\mu_{32}\mu_{21} - \mu_{31}) \cdot \sqrt{\frac{E_{11}}{E_{33}}} \right) (\sigma_{11} - a) - \frac{k}{E_{22}} (1 - \mu_{13}\mu_{31} + (\mu_{13}\mu_{32} - \mu_{12}) \sqrt{\frac{E_{22}}{E_{11}}} + (\mu_{31}\mu_{12} - \mu_{32}) \sqrt{\frac{E_{22}}{E_{33}}} ) (\sigma_{22} - b) - c = 0 \quad (1)$$

Тут

$$c = \frac{1}{2\sqrt{E_{11}^P E_{22}^P}} \left( (1 - \mu_{23}\mu_{32}) \sqrt{\frac{E_{22}^P}{E_{11}^P}} a^2 + (\mu_{13}\mu_{32} + \mu_{23}\mu_{31} - \mu_{12} - \mu_{21}) ab + (1 - \mu_{13}\mu_{31}) \sqrt{\frac{E_{11}^P}{E_{22}^P}} b^2 \right); \quad (2)$$

$\mu_{ij}$  – коефіцієнти Пуассона;  $E_{ii}$  – модулі пружності;  $\sigma_{ii}$  – компоненти тензора напружень; a, b, c і k – сталі коефіцієнти;  $E_{ii}^P$  та  $E_{ii}^C$  – модулі пружності деревини в умовах одновісного розтягу та стиску в і – му напрямку анізотропії.

- залежності модулів пружності деревини від способу навантаження [3]:

$$E_{ii} = \begin{cases} E_{ii}^P & \text{для } \sigma_{ii} > 0 \text{ і } \sigma_{jj} - \text{будь-якого, } i \neq j; \\ E_{ii}^C & \text{для } \sigma_{ii} < 0 \text{ і } \sigma_{jj} - \text{будь-якого, } i \neq j; \end{cases} \quad (3)$$

- алгоритм ідентифікації параметрів a, b і k моделі (1): Значення меж міцності розтягу  $\sigma_{ii}^{P-}$  та  $\sigma_{ii}^{P+}$  в умовах двовісних напружених станах ( $\sigma_{ii} > 0, \sigma_{jj} \rightarrow -0, i \neq j$ ) та ( $\sigma_{ii} < 0, \sigma_{jj} \rightarrow +0, i \neq j$ ) є тотожно рівними

$$\sigma_{ii}^{P-} = \sigma_{ii}^{P+} = \sigma_{ii}^P. \quad (4)$$

Проведено апробацію моделі на деревині хвойних та листяних порід. Для цього використано алгоритм [4], реалізація якого передбачає виконання таких кроків: 1) табулювання функції  $\varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22})$  з кроками табулювання  $\Delta\sigma_{11}$  та  $\Delta\sigma_{22}$ ; 2) знаходження для фіксованих значень аргументу  $\sigma_{11}$  таких значень аргументу  $\sigma_{22}$  для яких виконується хоча б одна із умов:

$$\varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22}) > 0, \text{ а } \varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22} + \Delta\sigma_{22}) < 0 \quad (5)$$

або

$$\varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22}) < 0, \text{ а } \varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22} + \Delta\sigma_{22}) > 0, \quad (6)$$

де  $\varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22})$  – функція, значення якої тотожно дорівнюють значенням виразу у лівій частині нелінійного рівняння (1); 3) вибір з пари чисел  $\sigma_{22}$  та  $\sigma_{22} + \Delta\sigma_{22}$  такого числа для якого абсолютне значення функції  $\varphi(\sigma_{11}, \sigma_{22})$  є мінімальним; 4) побудову кривих міцності за знайденими точками  $(\sigma_{11}, \sigma_{22})$ .

На основі цього алгоритму побудовано криві короточасної міцності для деревини сосни та дуба з двовісними напруженими станами у радіально-тангенціальній площині структурної симетрії. Результати побудови наведено на рис.1.

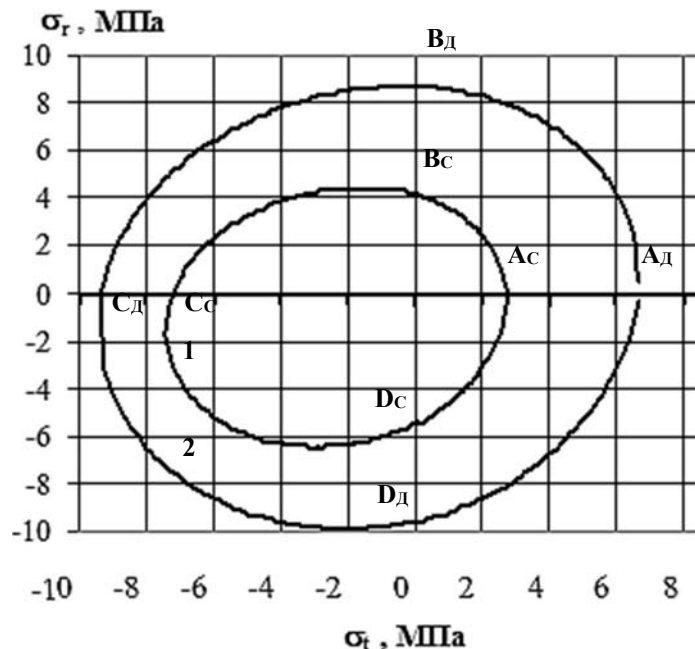


Рис.1. Криві короточасної міцності деревини з температурою  $T = 20$  °С, відносною вологістю  $W = 12\%$  та двовісним напруженим станом у радіально – тангентальній площині структурної симетрії:  
1 – сосна, 2 – дуб

За координати точок  $A_c, B_c, C_c, D_c$  та  $A_d, B_d, C_d, D_d$  – точок перетину кривих міцності з осями декартової системи координат (рис.1) визначено значення меж міцності  $\sigma_r$  та  $\sigma_t$  для досліджуваних порід деревини у радіальному та тангенціальному напрямках ортотропії відповідно. Зокрема, встановлено, що: для сосни ( $E_{aa} \approx 11900$  МПа;  $E_{rr} \approx 540$  МПа;  $E_{tt} \approx 470$  МПа;  $\mu_{ar} \approx 0,03$ ;  $\mu_{at} \approx 0,037$ ;  $\mu_{rt} \approx 0,38$ ;  $\mu_{ra} \approx 0,49$ ;  $\mu_{ta} \approx 0,41$ ;  $\mu_{tr} \approx 0,79$ ) абсолютні значення величин  $\sigma_r$  та  $\sigma_t$  у випадку розтягу приблизно дорівнюють 3,23 МПа та 2,63 МПа, а у випадку стиску – 5,10 МПа та 7,50 МПа; для дуба ( $E_{aa} \approx 14200$  МПа;  $E_{rr} \approx 1180$  МПа;  $E_{tt} \approx 910$  МПа;  $\mu_{ar} \approx 0,07$ ;  $\mu_{at} \approx 0,09$ ;  $\mu_{rt} \approx 0,34$ ;  $\mu_{ra} \approx 0,43$ ;  $\mu_{ta} \approx 0,41$ ;  $\mu_{tr} \approx 0,83$ ) абсолютні значення величин  $\sigma_r$  та  $\sigma_t$  у випадку розтягу приблизно дорівнюють 8,3 МПа та 6,65 МПа, а у випадку стиску – 9,7 МПа та 9,2 МПа

Створено математичну модель (1) – (4) та проведено її перевірку на достовірність шляхом порівняльного аналізу результатів її практичної реалізації з відомими даними емпіричних досліджень, наведених у довідниковій літературі [3]. Зокрема, підтверджено асиметрію характеристик міцності

деревини сосни та дуба у напрямках анізотропії. Підтверджено, що межа короткочасної міцності розтягу деревини сосни у радіальному напрямку анізотропії є більшою за межу міцності розтягу у тангентальному напрямку, а у випадку стиску навпаки: абсолютне значення межі міцності у радіальному напрямку є меншим за абсолютне значення межі міцності у тангентальному напрямі. Абсолютні значення меж міцності розтягу у радіальному та тангентальному напрямках ортотропії є меншими за відповідні абсолютні значення меж міцності стиску. Підтверджено, що абсолютні значення меж міцності розтягу (стиску) у радіальному та тангентальному напрямках анізотропії для деревини хвойних порід є значно меншими порівняно з деревиною листяних порід.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Поберейко С. Б. Математична модель міцності анізотропних матеріалів в умовах двовісного напруженого стану / Я. І. Соколовський, С. Б. Поберейко // Вісник НУ “Львівська політехніка” : Комп’ютерні та інформаційні технології. – Львів : НУ “Львівська політехніка”. – 2016. – № 604. – С. 148 – 153.
2. Математичне моделювання міцності деревини / С. Б. Поберейко, Я. І. Соколовський // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнар. наук. конф. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В. С., 2016. – С. 138–139.
3. Боровиков А. М. Справочник по древесине / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – Москва : Лесная промышленность, 1989. – 296 с.
4. Pobereyko S. B. Developing software for modelling the strength of biaxially stressed wood / S. B. Pobereyko, O. M. Petriv, V. P. Pobereyko // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry : міжвідомчий наук. – техн. збірник. – Львів : НЛТУ України. – 2014. – Вип. 40. – С. 18 – 20. с.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОРРОЗИЙНОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА СУДНА****Прядка О.С., Вычужанин В.В.**

*Одесский национальный морской университет,  
г. Одесса, ул. Мечникова, 34,  
hexler@ukr.net*

В настоящее время важнейшей научно-технической проблемой для многих отраслей экономики и, особенно, производства, является продление срока службы и повышение устойчивости металлических материалов и конструкций к процессам коррозионного разрушения. Острота этой проблемы возрастает, поскольку темп роста коррозионных потерь в последние годы значительно превышает темпы роста производства металлов. Поэтому исследование процессов коррозии и разработка методов защиты металлов является актуальной научно-технической проблемой [1].

Морская коррозия – один из видов электрохимической коррозии. Морская вода – отличный электролит и обладает хорошей аэрацией (около 8 мг/л кислорода), имеет достаточно высокую электропроводность (может достигать  $3 \cdot 10^{-2}$  Ом-1см-1), которая исключает появление омического торможения. Среда – нейтральная (рН = 7,2 – 8,6). В морской воде присутствуют соли кальция, калия, магния, сульфаты натрия, хлориды. Именно из-за наличия в морской воде растворенных хлоридов (ионов-активаторов Cl-) она обладает депассивирующим действием, по отношению к металлической поверхности (разрушает и предотвращает появление пассивных пленок на поверхности металла) [2].

Морской коррозии подвергаются: металлическая обивка днищ судов, подводные трубопроводы, морская авиация, различные металлоконструкции, находящиеся в воде, металлические конструкции в портах, прокатные валки на блюминге, которые охлаждаются морской водой и т.п.

Присутствие в морской воде различных микроорганизмов (бактерии, моллюски, кораллы и т.д.) обуславливает прохождение биокоррозии металла. Из-за их нарастания и скопления на обивке днищ судов и других его частях, к поверхности плохо подходит кислород, возникают различные неровности, происходит разрушение поверхности, усиленное коррозионное разрушение в щелях и зазорах.

Целью разработки интерактивной системы диагностики коррозионного состояния корпуса судна, рис.1, является процесс отслеживания пребывания судна в различных мировых акваториях, с различными характеристиками водной среды.

Готовое программное решение позволит рассчитать количество образующейся биокоррозии, в зависимости от количества часов пребывания в мировых акваториях, а также высчитать коэффициент коррозионной активности, протекающей под наростом на корпус судна. Такое программное решение позволит оценивать состояние металлических конструкций судна, а также прогнозировать его выход из

надлежащего состояния эксплуатации. Также будет учитываться промежуточные ремонты, чистка корпуса и обработка металлических конструкций судна, которые будут корректировать итоговый срок эксплуатации металлов судна.

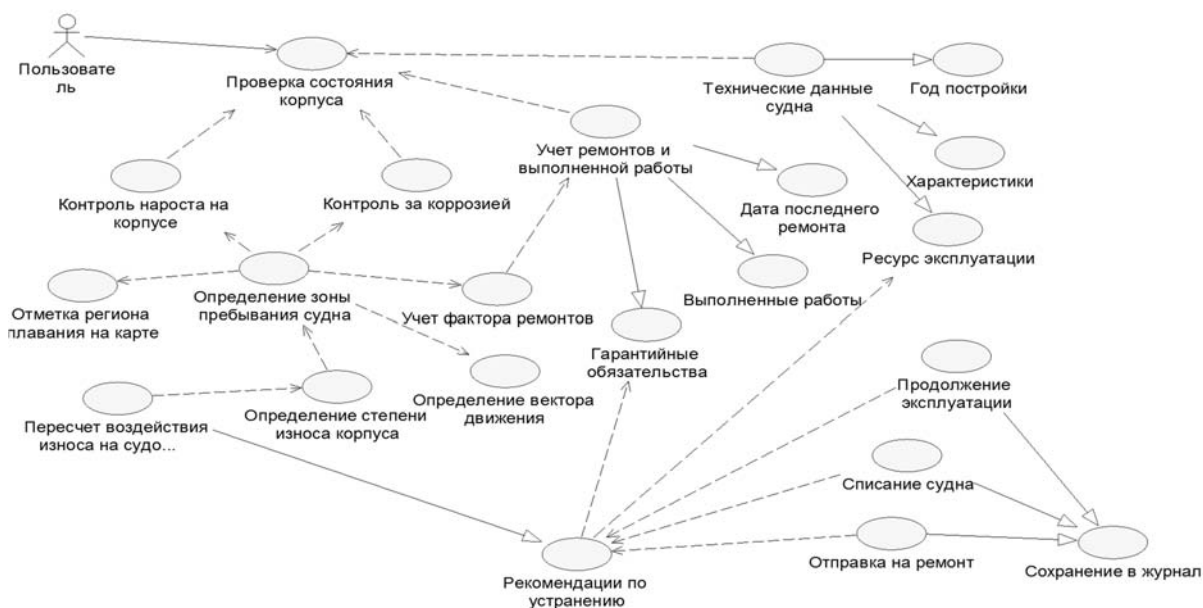


Рисунок 1 – Функциональные возможности интерактивной системы диагностирования

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Скменова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Скменова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов // Москва: Физматлит, 2006. – 328с .
2. Бибииков Н. Н. и др.: «Электрохимическая защита морских судов от коррозии» – Л: Судостроение, 1971.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рудакова А.В., Олокоба О. Й., Терновая Т.И., Крыжановская В.О.

*Херсонский национальный технический университет,  
Бериславское шоссе, 24, Херсон 73008, Украина,  
Rudik5A@rambler.ru,*

При функционировании сложных электромеханических систем остро стоят вопросы обеспечения нормальных режимов эксплуатации оборудования в различных возможных условиях. Определение состояния функционирования системы при ее эксплуатации осуществляют с помощью технического диагностирования. Одним из резервов повышения качества функционирования исполнительных устройств является широкое использование методов технической диагностики. Для оценки технического состояния (допустимого, предаварийного, аварийного) и диагностики ненаблюдаемых динамических процессов исполнительных электромеханических устройств автоматических систем наиболее информативные сигналы – это характеристики собственной вибрации конструкции. Параметры вибрации зависят от конструктивных параметров, условий работы и дефектов (технологических погрешностей) элементов, которые изменяются в процессе функционирования исполнительных устройств.

Многим механическим узлам и устройствам производственных систем на виброграмме соответствуют определенные дискретные частоты. Для вращательного механизма, например двигателя, компрессора, насоса, вентилятора, турбины, имеется серия дискретных частот, кратных частоте вращения ротора. Анализ вибрации машин и аппаратов позволяет получить важную информацию о процессах в различных механических устройствах, связанных с вращением, качением, скольжением, движением жидкостей, газов, сыпучих материалов и т.д. В настоящее время разработаны датчики вибраций, методы и устройства получения частотного спектра - виброграмм. Расположение дискретных частот виброграммы и их амплитуды позволяют определять состояние работоспособности системы, обнаруживать

зарождаючіся откази, зв'язанні, наприклад, з износом. Можна установити допустимі рівні вібрації машин з механізмами вращення, використовуючи в якості параметрів в критеріях піки величини вібрацій і зміщення піків. Основні джерела вібрації в даному випадку деформація або пошкодження частин ротора, деформація корпусу і основи, ексцентриситет в підшипниках, пошкодження підшипників і др. В меншій ступені досліджені віброграми механізмів з зворотньо-поступальним рухом і коробок зубчатих передач.

Шуми апаратів і машин також характеризують як загальні властивості систем, так і властивості їх частин. Продуктивний шум має широкий спектр сигналу, параметри його можна розглядати як багатовимірний вектор. Досвід застосування акустичних методів показує, що в стані нормального функціонування енергія шуму в основному концентрується в області низьких частот, а енергія, що відповідає дефектам, розташована на більш високих частотах. Це обставина використовується для своєчасного виявлення зарождаючих порушень. Недолік більшості акустичних методів - необхідність мати в пам'яті системи контролю реалізації сигналів або статистичні характеристики сигналів всіх станів функціонування. Технічний стан контролюваного об'єкта можна визначити по зареєстрованому сигналу шуму на основі порівняння статистичних характеристик реалізацій сигналів (щільностей розподілів, автокореляційних функцій, енергетичних спектрів) або інших інформативних ознак, які повинні зберігатися в пам'яті для можливих станів функціонування. По реалізації сигналу в момент контролю системи обчислюють поточну характеристику, яку порівнюють з типовими.

Цілесловесно проводити діагностичні дослідження при комплексному використанні вимірних засобів і методів моделювання систем з допомогою ЕВМ. Діагностичні моделі функціонування дають можливість застосовувати для діагностики електромеханічних виконавчих пристроїв функціональні методи. Інтеграція систем віброакустодіагностики в комп'ютеризовані системи управління складними багатопривідними установками відкриває можливість в реальному часі оцінювати і виявляти критичні режими роботи електромеханічного обладнання, і своєчасно формувати керуючі впливи, що дозволяють стабілізувати функціонування виробничих комплексів.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Азовцев Ю.А. Вибрационная диагностика роторных машин и оборудования целлюлозно-бумажных комбинатов. / Ю.А. Азовцев, Н.А. Баркова, А.А. Гаузе // СПб.: СПбГУРП, 2014. – 127 с.
2. Вибрация в технике. В 6 томах. Т.5. / В.В. Алексеенко, А.С. Больших, М.Д. Генкин. – М.: Машиностроение, 1980. – 496с.

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ СФОРМОВАНОСТІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БАКАЛАВРІВ МАТЕМАТИКИ В УМОВАХ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ

Ручинська Н.С.

*Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, ruchinska@outlook.com*

Реформи, що відбуваються в системі вищої освіти України актуалізували проблему оцінювання результатів освітнього процесу. Складність цієї процедури пов'язана з сутнісною особливістю компетентностей, які є інтегральною характеристикою особистості. Вони формуються в процесі діяльності посередництвом освоєння змісту освітньої програми з адекватним використанням освітніх технологій.

Під компетентностями розуміють поєднання таких складових як знання і розуміння, що дозволяють описати рівень оволодіння ними і ступінь їх реалізації. Вони проявляються в ситуації, коли приводиться в дію певна здатність людини, що дозволяє виконати поставлене завдання, а рівень її виконання піддається оцінюванню. Слід зазначити, що неможливо в абсолютних величинах оцінити наявність або відсутність компетентності, оскільки володіння ними відбувається в різному ступені, що дозволяє, в свою чергу говорити про можливість їх формування під час теоретичного і практичного навчання [1].

Проведений аналіз досліджень зарубіжних і вітчизняних учених показав, що формування і розвиток компетентностей може розглядатися у вигляді тривалого, циклічного інтеграційного процесу, що реалізується в ході освоєння освітньої програми вищої освіти. Компетентнісний підхід обумовлений загальноєвропейською тенденцією побудови освітніх програм вищої освіти – Tuning. Спочатку Tuning, задуманий як найбільший європейський проект для вирішення суто європейських освітніх проблем, став згодом методологією, і був адаптований в структурах вищої освіти різних країн. Основна позиція

методології полягає в розвитку компетентностей в ході освоєння змісту різних дисциплін, практик в рамках освітньої програми і їх оцінювання на різних етапах освітнього процесу [3].

Формування професійних компетентностей відбувається у ході навчання на предметно-змістовому рівні за рахунок систематичного включення студентів у діяльність, спрямовану на вирішення конкретних професійних завдань [2]. Тому, необхідно представити знання у вигляді потрібної і доступної інформації у інтерактивному навчальному оточення для постійної інформаційної взаємодії і використання наявних умов для засвоєння нових знань. Таким оточенням може виступати єдиний інформаційно-освітній простір вищого навчального закладу, технологічний інструментарій якого є ефективним засобом оцінювання рівня сформованості компетенцій. В таких умовах змінюється підхід до оцінювання. Просте виставлення оцінок з дисциплін перетворюється у прив'язання оцінок до окремих компетентностей, які студент повинен придбати в процесі навчання. Оцінка за кожен роботу стає багатокомпонентною. Відбувається аналіз, які компетентності мобілізуються на виконання цієї роботи, і які з них студентом підтверджені, а які ні.

Згідно освітньої програми підготовки бакалавра математики задано цільовий набір компетентностей, на основі якого формується індивідуальний навчальний план студента. Він отримує від єдиного інформаційно-освітнього простору рекомендований набір і послідовність проходження дисциплін. Згідно робочої навчальної програми для кожної дисципліни задані вихідні компетентності, які отримує студент після успішного вивчення цієї дисципліни і вхідні компетентності, які необхідні, щоб розпочати вивчення цієї дисципліни. Стан сформованості компетенцій і відсоток виконання індивідуального навчального плану студент може побачити в своєму особистому кабінеті. Система обчислює рівень кожної компетенції на основі підсумкової оцінки з дисципліни і часу, який минув з моменту її проходження. Кожен студент характеризується набором вже вивчених компетентностей.

Таким чином, створення репозиторію компетентностей в базі єдиного інформаційно-освітнього простору, розробка системи оцінювання та контролю виконання навчальних завдань дає можливість реалізувати автоматичне оцінювання сформованості професійних компетентностей бакалаврів математики.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Байденко В. И. Компетентностный подход к проектированию ГОС ВПО (методологические и методические вопросы): Методическое пособие. – М. : Исследов. центр проблем кач-ва подготовки спец-в, 2005. – 114 с.
2. Елагина О. Б. Моделирование компетенций преподавателя дистанционного обучения / О. Б. Елагина, Т. В. Саранская: [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://ou.tsu.ru/upload/form/not\\_image/cc6/.pdf](http://ou.tsu.ru/upload/form/not_image/cc6/.pdf)
3. Методологія TUNING. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.unideusto.org/tuningeu/tuning-methodology.html>

## ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ

**Рябова Н.В.**

*Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166 м.Харків, пр-т Науки, 14,  
nataliya.ryabova@nure.ua*

Створення та впровадження єдиної політики економіко-технічного управління інформаційними ресурсами регіональних соціоекономічних об'єктів України є актуальною задачею сьогодення. Основою такої політики є принципово нова концепція формування знань щодо інформаційних ресурсів у вигляді взаємопов'язаних онтологічних моделей, та управління ресурсами на основі отриманих знань. Семантичні компоненти онтологічної моделі представляються у вигляді екземплярів (instances), концептів (concepts), їх атрибутів, відношень між концептами (relationships), можливих обмежень, що накладаються на концепти та/або їх атрибути (constraints). На основі онтологічних моделей формується онтологічна база знань, яка забезпечує експліцитну специфікацію концептуальної моделі предметної області (PrO) у вигляді ієрархічної структури взаємопов'язаних понять і термінів, релевантних PrO, а також інформаційних ресурсів підприємства.

Дана робота є складовою частиною досліджень, спрямованих на розробку загальних теоретичних положень і методів побудови онтологічних моделей для управління інтелектуальними інформаційними середовищами (ІС), системами і технологіями регіональних соціоекономічних об'єктів (органів управління, підприємств, організацій тощо). Основою формального представлення ІС є онтологічні

моделі Про та самого середовища. Онтологічна модель представляється у вигляді структури, яка складається з множини концептів, релевантних Про, їх атрибутів і властивостей, встановлених на множині концептів. Для побудови узагальненої моделі ІС пропонується підхід на основі інтеграції знань, формалізованих у вигляді окремих онтологічних моделей, відповідних до складових частин ІС. Пропонований «bottom-up» підхід дозволяє будувати узагальнену модель ІС із максимальним врахуванням його специфіки. Задля реалізації пропонованого підходу у даній роботі розробляються та розвиваються методи співставлення, відображення, вирівнювання онтологічних моделей з метою інтеграції знань про ІС на різних стадіях його життєвого циклу. Особливу увагу приділено аналізу та класифікації технологій співставлення онтологій як найбільш трудомісткому етапу щодо підготовки їх подальшого узгодження. Одним з можливих підходів до класифікації таких технологій може бути підхід на основі двох ортогональних вимірів. При цьому горизонтальний вимір включає три рівня, які будуються один поверх іншого. Перший рівень – це рівень даних. Співставлення сутностей виконується шляхом порівняння тільки значень даних для простих або складних типів даних. Другий рівень – онтологічний, він, в свою чергу, розділяється на чотири шари (відповідно до метафори «листяного пирога» Semantic Web). Ці шари знизу вгору становлять відповідно семантичні мережі, дескрипційні логіки, обмеження та правила. На рівні семантичних мереж онтологій розглядаються як графи, вершини яких відповідають концептам, а дуги – відносинам між концептами. Співставлення здійснюється тільки шляхом порівняння відповідних дуг та вершин. Шар дескрипційних логік привносить до онтологій врахування формальної семантики. Співставлення може включати, наприклад, визначення таксономічної схожості, яке базується на кількості відношень категоризації (subsumption), що розділяють два концепти. У цьому ж шарі при співставленні враховуються екземпляри класів (інстанси). Так, наприклад, концепти оцінюються як однакові, якщо їх інстанси схожі. Співставлення на рівні обмежень та правил зазвичай базуються на ідеї про те, що якщо між сутностями існують схожі правила, то ці сутності можуть розглядатися як схожі. При цьому зазвичай потрібна обробка відношень більш високого порядку. Контекстний шар пов'язаний із практичним використанням сутностей в контексті їх програмних додатків. Співставлення в цьому випадку виконується шляхом порівняння використаних сутностей в онтобазованих додатках. Вважається, що схожі сутності часто використовуються у схожих контекстах. Вертикальний вимір класифікації методів співставлення онтологій представляє знання, що відображають специфіку Про. Такі знання можуть розташовуватися на будь-якому рівні горизонтального виміру. Тут можуть бути використані переваги зовнішніх джерел для опису специфічних знань. Наприклад, для бібліографічної Про може використовуватися стандарт Dublin Core щодо оцінювання близькості між онтологічними сутностями.

В даній роботі використовується гібридний підхід щодо співставлення онтологічних моделей, який поєднує в собі методи, засновані на правилах, а також методи машинного навчання [1].

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бодянский Е.В. Об одном подходе к сопоставлению онтологий на основе адаптивного машинного обучения / Е.В. Бодянский, Н.А. Волошина, Н.В. Рябова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2011. – Вып. 5/2 (53). – С. 15–18.

### ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ФАХІВЦІВ ФІЛОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ

**Самойленко О. М., Самойленко О. О., Андрищенко Я. Е.**

*КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти» Херсонської обласної ради;  
e-mail: samoylenkoan@outlook.com*

*ДВНЗ «Університет менеджменту освіти» НАПН України;  
e-mail: alex1mdu@outlook.com*

*КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти» Херсонської обласної ради;  
e-mail: andriushchenko@outlook.com*

Становлення нового суспільства знань та інформації підвищує вимоги до рівня компетентності майбутніх фахівців. Тому в системі вищої освіти у процесі підготовки фахівців важливого значення набувають результати навчання, рівень сформованості у майбутніх фахівців, зокрема філологічного профілю, компетенцій, які необхідні їм для ефективної професійної діяльності. Підготовка майбутніх фахівців у вищих навчальних закладах передбачає врахування компетентностей та компетенцій фахової підготовки майбутніх філологів. Компетентність є результатом набуття компетенцій. Компетентність має складовий елемент готовності фахівців філологічного профілю до виконання поставленої задачі. Компетентність містить в собі ключові поняття «знання», «уміння» та «навички» та передбачає дію фахівців

філологічного профілю в стандартних ситуаціях [1]. На нашу думку, необхідно розмежовувати поняття «компетенція» і «компетентність». Компетентність, на відміну від компетенції, має в собі елемент готовності до нестандартної ситуації через особистісну характеристику людини. Поняття «компетентність» є ширшим від поняття «компетенція».

Підготовка фахівців філологічного профілю у вищих навчальних закладах передбачає формування освітніх компетентностей. «Освітня компетентність – вимога до освітньої підготовки, виражена сукупністю взаємозалежних значеннєвих орієнтацій, знань, умінь, навичок і досвіду діяльності стосовно визначеного кола об'єктів реальної дійсності, необхідних для здійснення особистісно та соціально значущої продуктивної діяльності» [3]. Такі компетентності покликані забезпечувати комплексне досягнення цілей фахівців філологічного профілю.

Ми можемо виділити ключові освітні компетентності фахівців філологічного профілю, базуючись на дослідженнях А. В. Хуторського:

- Ціннісно-сміслова компетентність. Дана компетентність пов'язана з ціннісними орієнтирами фахівця філологічного профілю, його здатністю бачити та усвідомлювати свою роль серед колег, творчу спрямованість, уміти вибирати цільові та значеннєві установки для професійних дій і вчинків, приймати рішення за професійним спрямуванням. Дана компетентність допомагає самовизначитись фахівцям філологічного профілю у майбутній професійній діяльності. Від неї залежать індивідуальна освітня траєкторія фахівців філологічного профілю та програма підготовки у вищому навчальному закладі.

- Загальнокультурна компетентність. Передбачає обізнаність фахівців філологічного профілю з питань національної та загальнолюдської культури, компетентності в побутовій і культурно-дозвілєвій сфері. До цієї компетентності можемо віднести й досвід засвоєння майбутнім фахівцем наукової картини світу, що розширюється до культурологічного й загальнолюдського розуміння світу [4].

- Навчально-пізнавальна компетентність. Це сукупність компетентностей фахівців філологічного профілю у сфері самостійної пізнавальної діяльності. До них належать знання й уміння організації цілепокладання, планування власної траєкторії навчання, здійснення ідей, аналізу, рефлексії, самооцінки власної навчально-пізнавальної діяльності та оцінки діяльності колег.

- Інформаційна компетентність. За допомогою інформаційних технологій, зокрема компетентісно орієнтованого комп'ютерного середовища, формуються вміння майбутніх фахівців самостійно шукати, аналізувати та відбирати необхідну інформацію за фахом, організувати, перетворювати відповідно до професійних задач, зберігати та передавати її. Дана компетентність забезпечує навички діяльності фахівців філологічного профілю стосовно інформаційного простору [2].

- Комунікативна компетентність. Включає знання фахівців філологічного профілю іноземних мов на рівні B2, способів взаємодії з іноземними колегами за фахом. Передбачає вміння фахівців філологічного профілю працювати з документами різних типів, вміння усно та письмово спілкуватись за фахом, знання етикету мережевого спілкування.

- Соціально-трудова компетентність означає володіння фахівцем філологічного профілю знаннями та досвідом у сфері професійного самовизначення. Уміння аналізувати ситуацію на ринку праці, діяти відповідно до особистої та суспільної вигоди, володіти етикою трудових і громадських взаємин. Майбутній філолог опанує необхідні для життя в сучасному суспільстві навички соціальної активності, в тому числі і у віртуальному просторі.

- Компетентність особистісного самовдосконалення спрямована на засвоєння способів духовного й інтелектуального саморозвитку за фахом, емоційної саморегуляції засобами компетентісно орієнтованого комп'ютерного середовища. Об'єктом в даній компетентності виступає сам фахівець філологічного профілю. Він вивчає способи діяльності у власних інтересах, що виражається в його постійному самопізнанні, розвитку необхідних сучасному фахівцю особистісних якостей, формуванні грамотності, культури мислення та мережевої поведінки.

Визначені компетентності можна формувати за допомогою компетентісно орієнтованого комп'ютерного середовища, зокрема, за допомогою наступних елементів: інтерактивні лекції, відеолекції, вебінари, практичні завдання, семінарські заняття, тести типу есе, множинного вибору, тощо. Для самоконтролю за власною початковою діяльністю доцільно використовувати щоденники успіхів та тести для саморефлексії для фахівців філологічного профілю.

Таким чином, для підготовки фахівців філологічного профілю у вищих навчальних закладах необхідно визначити ключові компетентності. Зазначені компетентності трансформуються у відповідні освітньо-професійні програми підготовки фахівців філологічного профілю, з врахуванням особливостей визначених спеціальностей. Саме ключові освітні компетентності є основою для виокремлення загальних та професійних компетентностей. Професійні компетентності фахівців філологічного профілю передбачають здатність до реалізації професійних обов'язків за видами діяльності, зокрема педагогічні, науково-дослідницькі, управлінські, проектні, методичні, просвітницькі, тощо.



Подальших досліджень потребує проблема реалізації компетентнісного підходу, зокрема, технологічні аспекти формування та оцінювання ключових та професійних компетентностей фахівців філологічного профілю в умовах компетентнісно орієнтованого комп'ютерного середовища.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Глобализация образования : Компетенции и системы кредитов / авт. кол. : А. А. Егоров и др ; Под общ. ред. Ю. Б. Рубина. – М. : Маркет ДС Корпорейшн, 2005. – 490 с
2. Освітньо-професійна програма підготовки «Магістр наук з філології» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://foreign-languages.karazin.ua/resources/6e1e10ea03ebb2403f8ab5544bf82e61.pdf>.
3. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования / А. В. Хуторской // Ученик в общеобразовательной школе. – М. : ИОСО РАО, 2002. – с. 135–157.
4. Хуторський А. В. Ключові освітні компетентності [Електронний ресурс] / А. В. Хуторський – Режим доступу до ресурсу: <http://osvita.ua/school/method/2340/>.

**ПРО РОЗМІТКУ ДИСКРЕТНОГО ОПЕРАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЯКА СПРИЯЄ СПРЯМОВАНОМУ ПЕРЕСУВАННЮ МОБІЛЬНИХ АГЕНТІВ З ОБМЕЖЕНОЮ ПАМ'ЯТТЮ**

Сапунов С. В.

*Інститут прикладної математики і механіки НАН України, м. Слов'янськ, Україна  
sapunov\_sv@yahoo.com*

Автомати, що пересуваються на графах, є математичною формалізацією автономних мобільних агентів з обмеженою пам'яттю, які функціонують у дискретних середовищах [1]. В даній роботі у якості операційного середовища автомата розглядаються неорієнтовані графи з позначеними вершинами. Запропоновано вершинну розмітку таких графів, яка є аналогом розмітки дуг лабіринтів [2] в сенсі сприяння спрямованому пересуванню автомата.

За допомоги  $Z$  позначимо множину цілих чисел, а за допомоги  $Z_n$  її підмножину  $Z_n = \{0, 1, \dots, n-1\}$ . Нескінченим графом квадратної решітки  $G(Z^2)$  назвемо простий зв'язний неорієнтований граф, вершини якого відповідають різним точкам площини  $Z^2$  і вершини з'єднані ребрами, якщо відстань між ними дорівнює одиниці. Зауважимо, що для такого нескінченного графа ступінь кожної вершини дорівнює 4. Графом квадратної решітки  $G(Z_n \times Z_m)$  назвемо підграф графа  $G(Z^2)$ , породжений вершинами, що відповідають різним точкам площини  $Z^2$ , абсциса яких знаходиться в діапазоні від 0 до  $n-1$ , а ордината – від 0 до  $m-1$ . Вважатимемо, що ім'я вершини графа це її координати на площині  $Z^2$ . Ступенем  $\deg(v)$  вершини  $v$  графа  $G$  називається кількість вершин суміжних з цією вершиною. Ступенем  $\deg(G)$  графа  $G$  називається найбільший із ступенів його вершин. Позначеним графом назвемо простий зв'язний неорієнтований граф з позначеними вершинами  $G = (V, E, M, \mu)$ , де  $V$  – множина вершин,  $E$  – множина ребер,  $M$  – множина позначок,  $\mu: V \rightarrow M$  – сюр'єктивна функція розмітки.

Графохідним автоматом (graph walking automaton) на позначеному графі  $G$  назвемо шістку  $A = (S, X, Y, s_0, \delta, \lambda)$ , де  $S$  – скінчена множина станів,  $X = \{(a_0, \{a_1, \dots, a_k\}) \mid a_i \in M, 0 \leq i \leq k\}$  – скінчений вхідний алфавіт ( $a_0$  – позначка вершини, у якій знаходиться автомат (поточної вершини),  $\{a_1, \dots, a_k\}$  – множина (або мультимножина) позначок усіх вершин з околу поточної вершини,  $k$  – ступінь поточної вершини),  $Y = M$  – скінчений вихідний алфавіт ( $y = a$  означає, що автомат переходить з поточної вершини до суміжної з нею вершини з позначкою  $a \in M$ ),  $s_0 \in S$  – початковий стан,  $\delta: S \times X \rightarrow S$  – функція переходів,  $\lambda: S \times X \rightarrow Y$  – функція виходів. Автомат функціонує наступним чином: спостерігає розмітку околу поточної вершини, визначає позначку вершини з нього, здійснює перехід до вершини з цієї позначкою. Нехай автомат  $A$  в момент часу  $t$  знаходиться у вершині  $v(t)$  графа  $G$ . Пересування автомата називатимемо рівномірним та спрямованим, якщо існує такий натуральний період  $T$ , що для будь-якого моменту часу  $t$  виконується  $v(t+T) - v(t) = v(t+2T) - v(t+T)$ . Обмеженість обсягу пам'яті скінченного автомата накладає ряд суттєвих обмежень на обчислювальні можливості цього пристрою, а отже і на

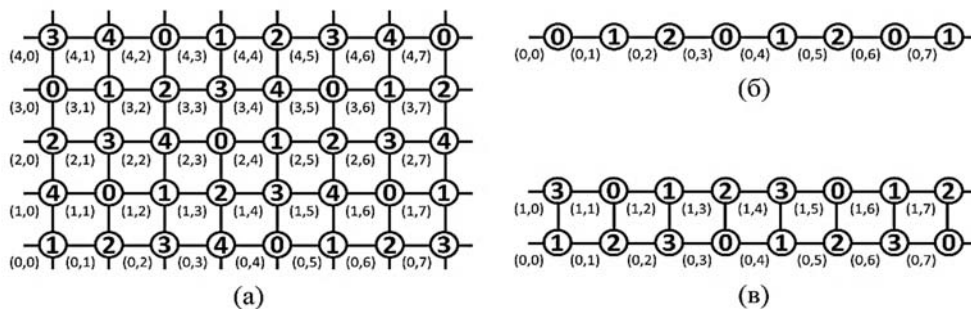
розмітку графа. По-перше алфавіт позначок має бути скінченим, по-друге слова у цьому алфавіті, які відповідають спрямованим траєкторіям пересування автомата, повинні мати періодичну структуру.

Функцію розмітки  $\mu: V \rightarrow M$  називатимемо детермінованою, або Д-розміткою, якщо для будь-якої вершини  $v \in V$  і будь-яких вершин  $s, t \in O_v$  з  $s \neq t$  випливає  $\mu(s) \neq \mu(t)$  ( $O_v = v \cup \{v' \in V \mid (v, v') \in E\}$  – окіл вершини  $v$ ). Позначений граф з детермінованою функцією розмітки називатимемо детермінованим графом або Д-графом. У роботі [3] показано, що для будь-якої вершини  $v$  Д-графа шлях з позначкою  $w \in L_v$  визначено однозначно. Також там показано, що відстань між двома вершинами Д-графа з однаковими позначками не менше 4. Д-розмітку графа  $G$  назвемо мінімальною, якщо вона використовує найменшу можливу кількість типів позначок.

Розмітку графа  $G(Z^2)$  можна розглядати як функцію  $\mu: Z^2 \rightarrow M$ . Розмітку назвемо періодичною у напрямку  $(p, q)$  ( $p, q \in Z$ ), якщо  $\mu(i+p, j+q) = \mu(i, j)$  для будь-яких  $i, j \in Z$ . Напрямки  $(0, q)$ ,  $(0, -q)$ ,  $(p, 0)$ ,  $(-p, 0)$  відповідають напрямкам осей координат. Будемо казати, що розмітка зберігає координатні напрями, якщо для будь-якої вершини  $(i, j) \in Z^2$  і будь-якого натурального  $p \geq 1$  позначки шляхів з вершини  $(i, j)$  до вершин  $(i, j+p)$ ,  $(i, j-p)$ ,  $(i+p, j)$  та  $(i-p, j)$  є попарно різні. З означення Д-розмітки випливає, що вона зберігає координатні напрями.

Показано, що для будь-яких  $n, m \in N$  мінімальна періодична Д-розмітка графа  $G(Z_n \times Z_m)$  використовує позначки  $\deg(G(Z_n \times Z_m)) + 1$  різних типів. Для графа  $G(Z^2)$  та деяких з його підграфів безпосередньо побудовано такі Д-розмітки.

Ступінь кожної вершини графа  $G(Z^2)$  дорівнює 4. Отже для Д-розмітки цього графа потрібен алфавіт щонайменше з п'яти позначок. Нехай  $M = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ . Приклад розмітки зображено на малюнку 1 (а). Розмітку побудовано наступним чином. Нехай вершина з координатами  $(i, j)$  має позначку  $x \in M$ . Тоді вершина  $(i+1, j)$  має позначку  $x \oplus_5 1$ , вершина  $(i-1, j)$  – позначку  $x \oplus_5 (-1)$ , вершина  $(i, j+1)$  – позначку  $x \oplus_5 2$ , вершина  $(i, j-1)$  – позначку  $x \oplus_5 (-2)$ , де  $\oplus_5$  означає додавання за модулем 5. Для того, щоб здійснити пересування в одному з координатних напрямків автомата достатньо, знаючи позначку поточної вершини, обчислити позначку вершини з її околу за наведеними вище правилами та перейти до неї. Зрозуміло, що такий автомат може здійснити рівномірне спрямоване пересування з періодом  $T = 1$  в будь-якому з координатних напрямків.



Мал. 1. Періодична Д-розмітка графа квадратної решітки та його підграфів.

У графі  $G(Z_1 \times Z)$  ступінь кожної вершини дорівнює 2. Отже для Д-розмітки цього графа потрібен алфавіт щонайменше з трьох позначок, наприклад,  $M = \{0, 1, 2\}$ . Розмітку зображено на малюнку 1 (б). Розмітку побудовано наступним чином. Нехай вершина з координатами  $(0, i)$  має позначку  $x$ . Тоді вершина  $(0, i+1)$  має позначку  $x \oplus_3 1$ , а вершина  $(0, i-1)$  – позначку  $x \oplus_3 (-1)$ . Ступінь кожної вершини графа  $G(Z_2 \times Z)$  дорівнює 3. Отже для Д-розмітки цього графа потрібен алфавіт щонайменше з чотирьох позначок, наприклад,  $M = \{0, 1, 2, 3\}$ . Розмітку зображено на малюнку 1 (в). Розмітку побудовано наступним чином. Нехай вершина з координатами  $(i, j)$  має позначку  $x$ . Тоді вершина  $(i, j+1)$  має позначку  $x \oplus_4 1$ , а вершина  $(i, j-1)$  – позначку  $x \oplus_4 (-1)$ . Якщо  $i=0$ , то вершина  $(1, j)$  має позначку  $x \oplus_4 2$ . Якщо  $i=1$ , то вершина  $(0, j)$  має позначку  $x \oplus_4 (-2)$ .

Показано, що існує графохідний автомат, який для будь-яких натуральних  $n, m$  обходить граф  $G(Z_n \times Z_m)$  з заданою на ньому мінімальною періодичною  $D$ -розміткою. Однією з центральних проблем, що виникають при навігації мобільних агентів, є проблема самостійного визначення агентом місця свого розташування у середовищі (задача самокалібрації агента) [4]. Показано, що для будь-яких натуральних  $n, m$  для графа  $G(Z_n \times Z_m)$  із заданою на ньому періодичною  $D$ -розміткою, ця проблема є розв'язною. Запропоновано алгоритм розв'язання цієї проблеми. Показано далі, що існує автомат, який для будь-яких натуральних  $n, m$  будує на графі  $G(Z_n \times Z_m)$  мінімальну періодичну  $D$ -розмітку.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Cao J. Mobile agents in networking and distributed computing / Cao J., Das S. K. – John Wiley & Sons, 2012. – 450 p.
2. Kilibarda G. Independent systems of automata in labyrinths / Kilibarda G., Kudryavtsev V. B., Uscumlic S. // Discrete Mathematics and Applications – 2003. – Vol. 13, iss. 3. – pp. 221-255.
3. Грунский И. С. Восстановление графа операционной среды мобильного робота путем разметки вершин, пригодной для дальнейшей навигации / Грунский И. С., Сапунов С. В. // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 420-428.
4. Dudek G. Computational Principles of Mobile Robotics / Dudek G., Jenkin M. – Cambridge: Cambridge Univ. Press. – 2010. – 406 p.

**МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С УЧЁТОМ СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ****Сарычев А.П., Первий Б.А.**

*Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины, г. Днепр,  
sarychev@prognoz.dp.ua, porkygoo@gmail.com*

Техногенное засорение околоземного космического пространства является актуальной проблемой современной космонавтики. Одним из сегментов засорения являются крупные фрагменты космического мусора: во-первых, это космические аппараты, прекратившие своё активное существование (нефункционирующие), и, во-вторых, это последние ступени ракет-носителей. Одним из способов борьбы с крупными фрагментами космического мусора является бесконтактное (без механического захвата) воздействие с целью их увода на более низкие орбиты для дальнейшего снижения за счёт аэродинамического торможения. Для реализации такого способа необходимо решить две задачи. Первая задача состоит в построении математических моделей динамики фрагментов космического мусора. Вторая задача состоит в выборе способа воздействия и алгоритма его реализации для достижения цели работы: разработать эффективный метод увода крупных фрагментов космического мусора на низкие орбиты.

Для решения первой задачи в пакете AGI STK [1] построена модель сферического объекта, движущегося по круговой орбите. Параметры модели следующие: системы координат – J2000, VVLH [2]; геомагнитная модель Земли – JGM3 20x20 [3]; модель атмосферы – NRLMSISE 2000 [3] с учетом солнечной и геомагнитной активности; численное интегрирование – метод Рунге-Кутты-Фельберга 7-го порядка [4]. В модели учитывается собственное вращение объекта для исследования влияния аэродинамических сил на время нахождения сферы на орбите. Известно, что при вращении тела в среде возникает несимметричный обтекающий поток, создающий подъемную силу – так называемую силу Магнуса [5]. Она зависит от формы объекта, плотности атмосферы, периода вращения тела и скорости набегающего потока. С уменьшением высоты орбиты увеличивается плотность атмосферы, и поэтому увеличивается значение силы Магнуса. Величина и направление вектора данной силы будут зависеть от режима набегающего потока: континуального или свободномолекулярного в зависимости от числа Кнудсена (увеличение этого числа соответствует увеличению средней длины свободного пробега молекул в газе, свободномолекулярные эффекты становятся более явными). При рассмотрении вращения сферы вокруг вектора углового момента орбиты направление вектора силы Магнуса будет лежать в плоскости орбиты движения, оказывая «негативную» подъемную силу в направлении надира в условиях свободномолекулярного режима разреженного газа [6, 7]. Действуя в плоскости орбиты, сила Магнуса не влияет на изменение большей полуоси орбиты [8] и коэффициента аэродинамического сопротивления [9], однако возникают изменения величины вектора эксцентриситета.

Проведены испытания модели сферического, вращающегося вокруг собственного центра масс объекта с учетом влияния аэродинамических возмущений в режиме круговой орбиты, изучено влияние собственного вращения космического объекта на время нахождения его на орбите, что позволяет в

дальнейшем создать алгоритм увода объектов космического мусора с учетом их вращения вокруг собственного центра масс.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пакет инженерного моделирования AGI STK [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.agi.com/products/engineering-tools>
2. Инерциальная система координат VVLH [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://help.agi.com/stk/index.htm#gator/eq-coordsys.htm>
3. Saunders, A. A New Tool for Satellite Re-entry Predictions / A. Saunders // 5th European Conference of Space Debris, Darmstadt. – March-April, 2009.
4. Ramjatan S. Magnus Effect on a Spinning Satellite in Low Earth Orbit / S. Ramjatan, N. Fitz-Coy, and A. Yew // AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference. – AIAA SPACE Forum
5. Borg K. I. Force on a Spinning Sphere Moving in a Rarefied Gas / K. I. Borg, L. H. Soderholm, H. Essen. // Physics of Fluids, 2003. – Vol. 15, №. 3, P. 736-741.
6. Wang C.-T. Free Molecular Flow Over a Rotating Sphere. / C.-T. Wang // AIAA, 1972.
7. Volkov A. Aerodynamic coefficients of a Spinning Sphere in a Rarefied-Gas Flow / A. Volkov // Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, 2009. – Vol. 44, №. 1, pp. 167-187.
8. Cook G. E. The Effect of Aerodynamic Lift on Satellite Orbit. Plant / G. E. Cook // Space Science, 1964. – Vol. 12, P. 11.
9. Rubinow S.I. The Transverse Force on a Spinning Sphere Moving in a Viscous Fluid / S. I. Rubinow, J. B. Keller // Journal of Fluid Mechanics, 1961. – Vol. 11, №. 3, P. 12.

### **АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕЛЕМЕНТІВ**

**Сенів М.М., Нитребич О.О., Симець І.І.**

*Національний університет „Львівська політехніка”,  
79013, Львів, вул.Бандери 12,*

*max1sudden@gmail.com, ksenija.volynj@gmail.com, cemivan1995@gmail.com*

#### **Вступ**

Важливою складовою якістю складних технічних систем є їхня надійність, тобто властивість системи виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають умовам використання та заданим режимам, технічного обслуговування, збереження і транспортування [1].

На даний час стан розвитку методів аналізу надійності технічних систем характеризується поєднанням аналітичних методів дослідження надійності з обчислювальними можливостями сучасних комп'ютерних засобів. У зв'язку з цим актуальною проблемою є автоматизація моделювання складних технічних систем яка, за умови відповідного рівня формалізації моделей, робить можливою їх побудову та проведення аналізу надійності з використанням сучасних обчислювальних можливостей. Для вирішення даної проблеми використовують спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ), особливості розробки якого розглянуто в цій роботі. Це ПЗ може використовуватися інженерами, які розраховують числові показники надійності технічних систем великої розмірності та високої складності (в літакобудуванні, космічній галузі), при роботі з якими ручний розрахунок не є можливим.

#### **Постановка проблеми**

Моделювання надійності технічних систем найчастіше здійснюють за допомогою марковського випадкового процесу і воно полягає у тому, що дискретним значенням випадкового процесу ставляться у відповідність стани системи (які характеризуються відповідними векторами станів елементів системи). Основною складністю побудови моделей такого типу є їхня велика розмірність, яка може сягати сотень тисяч навіть у випадку систем з невеликою кількістю елементів, особливо, якщо: ці елементи є різного типу; елементи є відновлюваними з обмеженою кількістю відновлень; присутня різна кількість ремонтних бригад і бригади не є універсальними (тобто певна бригада може ремонтувати тільки певні типи елементів). Метою роботи є проектування ПЗ, яке буде враховувати всі вище перелічені фактори та на основі їх опрацювання автоматизовано формувати умову працездатності системи та обчислювати інші показники надійності.

**Розв’язання задач**

Надійнісну поведінку системи в часі можна інтерпретувати як випадковий процес з скінченною множиною значень і неперервною зміною аргументу (часу), тобто як дискретно-неперервний стохастичний процес. Часові залежності безумовних ймовірностей значень випадкового процесу та умовних ймовірностей переходів описуються системою диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена такого виду:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = -\sum_{j=1}^N \lambda_{ij}(t)P_i(t) + \sum_{j=1}^N \lambda_{ji}(t)P_j(t); i, j = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де

–  $P_i(t), P_j(t)$  — ймовірності значень випадкового процесу (ймовірності перебування системи) в момент часу  $t$  відповідно у станах  $x_i$  та  $x_j$

–  $\lambda_{ij}(t)$  — інтенсивність переходу із стану  $x_i$  у стан  $x_j$ ;

–  $\lambda_{ji}(t)$  — інтенсивність переходу із стану  $x_j$  у стан  $x_i$ .

–  $N$  — кількість можливих станів системи.

Розв’язок системи таких рівнянь дає змогу визначити потрібні показники надійності (ймовірність безвідмовної роботи, функцію та коефіцієнт готовності, середній час безвідмовної роботи, середнє напрацювання на відмову, середній час відновлення тощо), а також побудувати граф станів і переходів системи, який наочно представляє зв’язки між окремими станами [2,3].

Основна проблема розв’язування таких задач – велика кількість станів системи, яка залежить від типу елемента, кількості резервних елементів, кількості відновлень елемента, кількості та наявності ремонтних бригад, спеціалізації ремонтних бригад по типах елементів, пріоритету роботи ремонтних бригад.

Під час проектування ПЗ для автоматизації побудови моделей надійності складних технічних систем із різними типами елементів було обрано багаторівневу модульну архітектуру (рис.1.а), оскільки програма передбачає взаємодію з MatLab та іншим спеціалізованим ПЗ типу АСНА 4 [4] та розроблено діаграму основних класів програмної системи (рис.1.б).

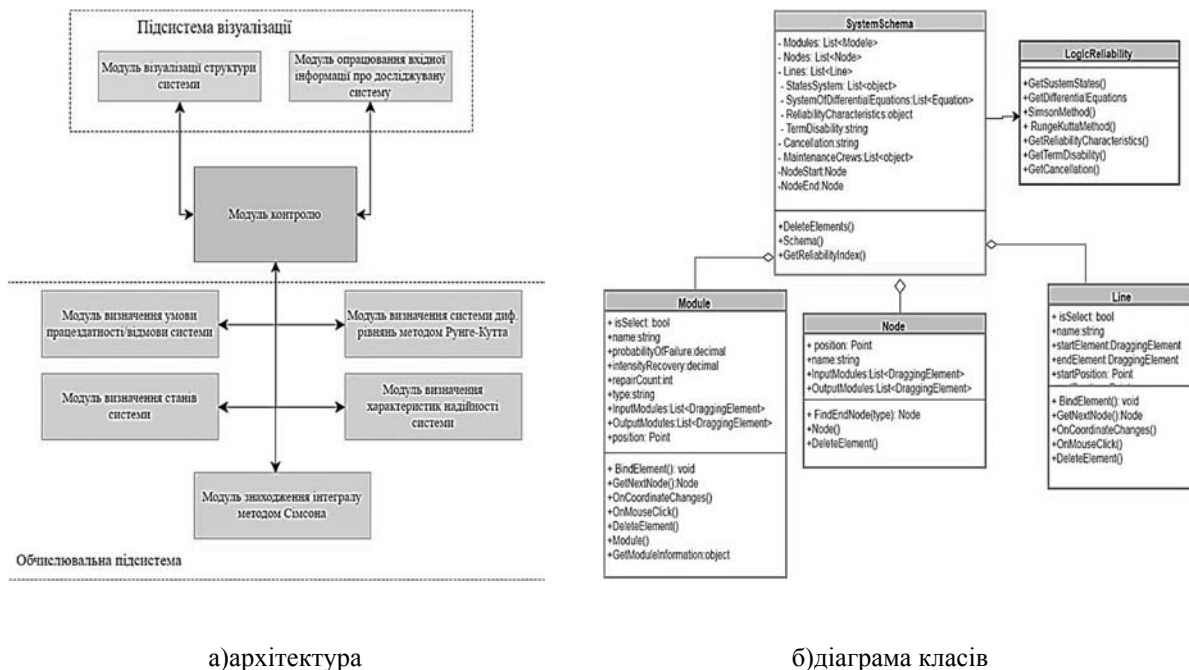


Рис. 1. Архітектура та діаграма класів ПЗ для автоматизації побудови моделей надійності складних технічних систем із різними типами елементів надійності

Основні класи розроблюваного ПЗ: Node - клас для представлення вузлів схеми надійності; Line - клас для представлення переходів між модулями системи або вузлами; Module - клас для представлення модулів системи, а також їх характеристик: ймовірності відмови, інтенсивності відмови, кількості ремонтних робіт і типу елемента; LogicReliability - клас, який містить функцію для виконання всіх математичних обчислень надійності: розв’язування систем диференціальних рівнянь, знаходження станів системи, визначення характеристик надійності системи, визначення умов працездатності і відмови

системи, тощо. SystemSchema - клас, який призначений для опису системи, яку визначив користувач і показників її надійності, також являється зв'язком між логічною і графічною частиною системи.

Основна особливість розроблюваного ПЗ полягає в тому, що необхідно забезпечити розв'язання систем диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена великих розмірностей за допомогою пакету прикладних програм MatLab та іншого спеціалізованого ПЗ типу АСНА 4, автоматично імпортуючи в нього дані та експортуючи результати, а також візуалізувати структурну схему надійності та граф станів/переходів великих і надвеликих розмірностей.

#### Висновки

Розроблено архітектуру ПЗ для автоматизації побудови моделей надійності складних технічних систем із різними типами елементів. Визначено основні властивості, якими повинне володіти розроблюване ПЗ, а саме: платформонезалежність, низькі вимоги до апаратних ресурсів, оптимізованість для математичних обчислень, простота інтерфейсу. Розроблюване ПЗ дасть можливість автоматизовано обчислювати необхідні показники надійності складних технічних систем із різними типами елементів, різною кратністю резервування та різними типами ремонтних бригад і пріоритетом ремонту.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров // – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
2. Mandziy B. Software architecture for automation of building the reliability models of complex technical systems / B. Mandziy, D. Fedasyuk, M. Seniv // Proc. of the XIIth Intern. conf. “Modern problems of radio engineering, telecommunications, and computer science”, Lviv-Slavske, Febr. 25– March 1, 2014. – Lviv, 2014. – P. 235-237.
3. Мандзій Б. Програмна реалізація удосконаленої моделі надійності технічної резервованої системи з обмеженою кількістю відновлень / Б. Мандзій, М. Сенів, В. Яковина, Н. Мосьондз // Комп'ютерні науки та інформаційні технології, № 826, 2015. – С. 43-51.
4. Mandziy B. Programming Visualization System of Block Diagram Reliability for Program Complex ASNA-4 / B. Mandziy, M. Seniv, N. Mosondz, A. Sambir // Proceedings of the XIIIth International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics CADSM 2015, Lviv-Polyana, Ukraine, 2015, P. 258-262.

### ВЫБОР МЕРЫ РАЗЛИЧИЯ ОБРАЗЦОВОГО И ОТФИЛЬТРОВАННОГО ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ФЛУКТУАЦИОННОГО ШУМА

Сергеев-Горчинский А.А.

Институт прикладного системного анализа, НТУУ «КПИ имени Игоря Сикорского»  
alexey.sergeev@ymail.com

**Введение.** При решении технических задач часто возникает необходимость сравнения временных рядов, составленных из значений регистрируемых сигналов, с целью определения степени их подобия. Подобие временных рядов можно оценить при помощи мер различия значений анализируемых сигналов. К задачам, в которых применяют меры различия относятся задачи адаптивной фильтрации, классификации по образцу, обучения по образцу и некоторые другие. В цифровой обработке сигналов при проектировании цифровых фильтров, осуществляющих подстройку по образцовым сигналам, требуется расчёт меры различия значений образцового и отфильтрованного временных рядов.

**Сравнение мер различия.** Для определения меры различия сигналов, для которой характерна высокая различимость оптимальных значений параметра цифрового фильтра при высоких уровнях шума была выполнена серия экспериментов по формированию искажённых сигналов и их последующей цифровой обработки при помощи цифрового фильтра «простое скользящее среднее» (ПСС). В фильтре ПСС обработанное значение  $y[k]$  в момент времени  $k$  определяется выражением [1]:

$$y_{\text{отфильтр}}[k] = \frac{1}{m_1 + m_2 + 1} \times \sum_{i=-m_1}^{m_2} x_{\text{искаж}}[k-i], \quad (1)$$

где  $m_1+m_2+1$  — параметр фильтрации (количество искажённых значений сигнала, участвующих в расчёте отфильтрованного значения для заданного момента времени  $k$ ),  $x_{\text{искаж}}[k-i]$  — значение искажённого сигнала в момент времени дискретизации  $k-i$ ,  $y_{\text{отфильтр}}[k]$  — сигнал на выходе фильтра в текущий момент времени  $k$ .

В [1, 2, 3] предложены различные математические выражения для расчёта меры различия числовых последовательностей, которые можно разделить на следующие группы: меры расстояния, угловые меры, корреляционные меры. Из трёх упомянутых групп мер были выбраны следующие. Мера «среднеквадратичная ошибка» (СКО, Mean Square Error, MSE), которая определяется выражением [1]:

$$M_{\text{СКО}}(\{x_{\text{неискаж}}[k]\}, \{y_{\text{отфильтр}}[k]\}) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} (x_{\text{неискаж}}[k] - y_{\text{отфильтр}}[k])^2, \quad (2)$$

где  $k$  — номер отсчёта,  $x_{\text{неискаж}}[k]$  — значение неискажённого сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $y_{\text{отфильтр}}[k]$  — значение отфильтрованного сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $N$  — общее количество отсчётов искажённого сигнала.

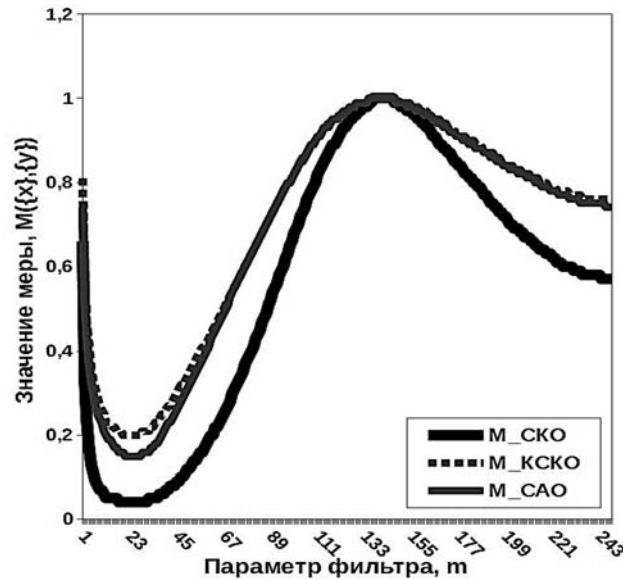


Рисунок 1 - Нормированные округлённые значения мер различия для значений параметра  $t$  от 1 до 250

Мера «корень среднеквадратичной ошибки» (КСКО, Root Mean Square Error, RMSE), которая определяется выражением [2]:

$$M_{\text{КСКО}}(\{x_{\text{неискаж}}[k]\}, \{y_{\text{отфильтр}}[k]\}) = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} (x_{\text{неискаж}}[k] - y_{\text{отфильтр}}[k])^2}, \quad (3)$$

где  $k$  — номер отсчёта,  $x_{\text{неискаж}}[k]$  — значение неискажённого сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $y_{\text{отфильтр}}[k]$  — значение отфильтрованного сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $N$  — общее количество отсчётов искажённого сигнала.

Мера «средняя абсолютная ошибка» (САО, Mean Absolute Error, MAE), которая определяется выражением [3]:

$$M_{\text{САО}}(\{x_{\text{неискаж}}[k]\}, \{y_{\text{отфильтр}}[k]\}) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{k=0}^{N-1} |x_{\text{неискаж}}[k] - y_{\text{отфильтр}}[k]|, \quad (4)$$

где  $k$  — номер отсчёта,  $x_{\text{неискаж}}[k]$  — значение неискажённого сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $y_{\text{отфильтр}}[k]$  — значение отфильтрованного сигнала в момент времени дискретизации  $k$ ,  $N$  — общее количество отсчётов искажённого сигнала.

**Постановка эксперимента.** Для оценки характеристик целевых функций сформированных из значений выбранных мер различия при различных значениях параметра цифрового фильтра был сгенерирован тестовый искажённый синусоидальный сигнал со следующими характеристиками: амплитуда сигнала – 1 В; частота сигнала – 1 Гц; распределение шумовой составляющей – нормальное; отношение сигнал/шум (ОСШ) – 0.14 дБ; частота дискретизации – 100 Гц, продолжительность регистрации – 10 с.

Сгенерированный сигнал был обработан при помощи фильтра ПСС со значениями параметра  $t$  в диапазоне от 1 до 250, где  $t$  — количество искажённых значений сигнала, участвующих в расчёте отфильтрованного значения для заданного момента времени  $k$  [см. выражение (1)]. Были проведены 250

сравнений и рассчитаны значения мер различия для двух временных рядов: временных рядов исходного неискажённого сигнала и 250 временных рядов отфильтрованных сигналов.

Поскольку значения мер различия могут находиться вне интервала  $[0, 1]$ , для приведения мер к одному диапазону значений, в их выражения было включено деление на максимальное значение (среди всех значений для каждой меры различия) и округление до сотых долей (см. рисунок 1).

Одинаковым значениям мер различия соответствуют значения расположенные на прямолинейных участках экстремумов целевых функций (см. рисунок 1). Поскольку целью экспериментов было определение меры различия, для которой характерна высокая различимость значений экстремумов целевых функции при высоких уровнях шума, были подсчитаны количества значений  $m$  с равными значениями целевых функций и построены гистограммы распределений количеств значений  $m$  с одинаковыми нормированными округлёнными значениями мер различия.

**Сравнение мер различия.** Для оценки распределений количеств значений  $m$  при ОСШ от 37.04 дБ до -16.94 дБ была проведена серия экспериментов по подсчёту значений меры эксцесса (см. рисунок 2), которая определяется выражением (6) [4, С. 85-94]:

$$\bar{M} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{m=1}^N M(m), \quad (5)$$

$$\varepsilon = \frac{N \cdot \sum_{m=1}^N (M(m) - \bar{M})^4}{\left( \sum_{m=1}^N (M(m) - \bar{M})^2 \right)^2}, \quad (6)$$

где  $m$  — параметр цифрового фильтра,  $M(m)$  — нормированное округлённое значение меры различия для исходного и отфильтрованного (с параметром  $m$ ) временных рядов,  $N$  — количество значений параметра  $m$ .

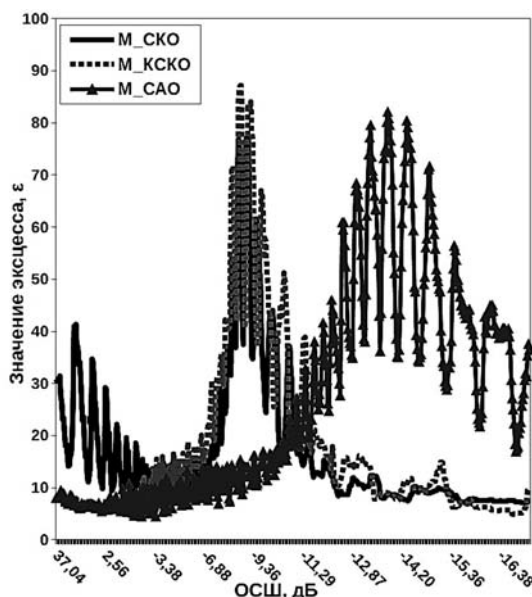


Рисунок 2 - Значения эксцесса для мер различия при заданных ОСШ

Из рисунка 2 следует, что в отличие от мер различия СКО и КСКО, для которых различимость локальных минимумов целевой функции уменьшается при ОСШ  $\geq -8.80$  дБ, для меры САО различимость уменьшается при ОСШ  $\geq -13.84$  дБ, следовательно мера САО более устойчива к высоким уровням флуктуационного шума.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Sergeev-Horchynskiy A. Periodic signal filtration using digital filtering system calculation optimized by approximation / A. Sergeev-Horchynskiy, V. Rogoza // Science-Based Technologies. – 2014. – Т. 23, № 3. – Р. 284-288.



2. Willmott C. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance / C. Willmott, K. Matsuura // *Clim. Res. – Inter-Research*, 2005. – Vol. 30. – P. 79-82.
3. Chai T. Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? – Arguments against avoiding RMSE in the literature / T. Chai, R. Draxler // *Geoscientific Model Development*. – Copernicus Publications, 2014. – Vol. 7. – P. 1247-1250.
4. Смирнов Н. Курс теории вероятностей и математической статистики / Н. Смирнов, И. Дунин-Барковский. – Наука, 1969. – 512 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКИХ СИСТЕМ З ОБМЕЖЕНИМИ РЕСУРСАМИ

Табунщик Г.В.

*Запорізький національний технічний університет,  
Запоріжжя, вул. Жуковського, 64, 69063,  
galina.tabunshchik@gmail.com*

Стійкість програмного забезпечення може розглядатися з двох сторін [1]: як досягнути стійкого коду і як досягти стійких результатів завдяки програмному забезпеченню. Навіть якщо розглядати програмне забезпечення з точки забезпечення стійкого коду [2], то поняття стійкість має декілька вимірів відносно інформаційних систем та програмної інженерії. Також окремо необхідно окремо розглядати стійкість процесу розроблення програмного забезпечення [3].

Архітектура програмного забезпечення грає важливу роль при забезпеченні стійкості функціонування [4], так як вона значно впливає на витрати зв'язані з технічним забезпеченням та подальшою технічною підтримкою. Особливо це важливо при проектуванні програмного забезпечення систем з обмеженими ресурсами, які зараз знайшли широке втілення в реалізації концепції інтернету речей.

Для забезпечення стійкості систем, що реалізовані на основі мінікомп'ютерних систем, була модифікована модель верифікації вбудованих систем [5], щоб враховувати структурні взаємозв'язки системи та період передавання інформації у зовнішнє сховище:

$$MV = (\text{interprototype}, Ed, DB, rmv, Y, \eta),$$

де  $rmv$ :  $\text{interprototype} \rightarrow Ed \times DB \mid \forall ea, ea \in \{gp(a), gm(a)\}, ea \rightarrow e, e = \{ed\}$ ;  $\text{interprototype}$  – множина елементів прототипу системи з обмеженими ресурсами;  $Ed$  – елементи програмного та апаратного забезпечення;  $DB$  – хранилище даних;  $ea$  – елементарна одиниця  $\text{interprototype}$ ;  $gp(a)$  – явні вимоги користувача,  $gm(a)$  – неявні вимоги користувача;  $e$  – підмножина ресурсів систем;  $e_d \in Ed, Ed \in Wres, DB \in Wres, Wres$  – ресурси системи,  $Y$  – результати верифікації,  $\eta$  – період передання даних.

Для проведення експериментів була модифікована архітектура системи для проведення віддалених експериментів з дослідження надійності вбудованих систем ISRT (Informational System for Reliability Tasks) [6,7], де лабораторне апаратне забезпечення було розподілене між декілька Raspberry Pi., та реалізована можливість реконфігурування їх кількості.

Робота проводиться в рамках держбюджетної науково-дослідної теми Запорізького національного технічного університету «Інформаційна система діагностування розподілених мінікомп'ютерних систем в багатокомпонентному зовнішньому середовищі» (номер держреєстрації 0117U000615) та при підтримці міжнародного проекту Erasmus + 573818-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-SBHE-JP. Інтернет речей: нова навчальна програма для потреб промисловості та суспільства.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. B. Penzenstadler, A. Raturi, D. Richardson, C. Calero and H. Femmer, Systematic Mapping Study on Software Engineering for Sustainability (SE4S), French Universitat Politècnica de Catalunya.
2. "Approaches to software sustainability," Software Sustainability Institute, [Online]. Available: <https://www.software.ac.uk/resources/approaches-software-sustainability>. [Accessed 28 04 2017].
3. C. Calero, M. Piattini Part 1. Introduction to Green in Software Engineering, In the book: Green in Software Engineering, Springer International Publishing, 2015, pp. 3-27, DOI: 10.1007/978-3-319-08581-4
4. H. Koziolk, D. Domis, Th. Goldschmidt, Ph. Vorst Measuring Architecture Sustainability IEEE Software, Vol. 30, Issue: 6, pp: 54 – 62 DOI: 10.1109/MS.2013.101
5. Віддалений та віртуальний інструментарій в інжинірингу: монографія / А. Пархоменко, Г. Табунщик, М. Поляков, О.Гладкова, Т. Брагіна, Т. Ларіонова. – Запоріжжя: Дике поле, 2015. – 250 с. ISBN 978-966-2752-74-8

6. А.С. № 66615 Система керування контентом для віддалених експериментів з дослідження надійності вбудованих систем /Табунщик Г.В., Охмак В.О., опубл. 13.07.2016
7. Tabunshchyk G. Remote Experiments For Reliability Studies Of Embedded Systems/ G. Tabunshchyk, D. Van Merode, P. Arras, K. Henke // Proceedings of XIII International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV2016) (24-26 February, 2016, Madrid, Spain) UNED: pp. 68-71

## ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Теренчук С. А<sup>1</sup>., Єременко Б. М<sup>1</sup>., Пашко А. О<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
м. Київ, terenchuksa@ukr.net, erembm@ukr.net

<sup>2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
м. Київ, aar2011@ukr.net

**Вступ.** Розробкою інтелектуальних технологій діагностування технічного стану (ТС) будівельних конструкцій (БК) займається ряд спеціалізованих організацій. Та, незважаючи на велику кількість робіт з обстеження пошкоджених БК, досі відсутня єдина технологія оцінювання їх ТС. Відсутність єдиної технології діагностування об'єктів будівництва (ОБ) з пошкодженнями пояснюється складністю задач, що пов'язані з формуванням і формалізацією інформації про дефекти і пошкодження та ідентифікацією процесів деградації. Для розв'язання подібних задач існують штучні нейронні мережі (ШНМ), але для їх навчання необхідно мати надійну базу знань (БЗ). Тому, лишається актуальною розробка технологій і систем оцінювання технічного стану (СОТС) конструкцій, що мають дефекти і пошкодження, але здатні функціонувати в різних умовах. Застосування знань, що накопичуються в таких системах дозволить не тільки визначити ступінь небезпеки та заходи для забезпечення безпеки ОБ на стадіях експлуатації та планування реконструкції, а і забезпечити надійний зворотний зв'язок з моделями, що використовуються при прогнозуванні граничних станів і процесів деградації на стадіях проектування та будівництва [1, 2].

**Постановка задачі.** Метою роботи є розробка технології формування бази знань системи оцінювання технічного стану будівельних конструкцій з використанням комп'ютерного моделювання.

**Основний матеріал.** Для досягнення даної мети в процес управління життєвим циклом ОБ пропонується інтегрувати експертну систему оцінювання технічного стану будівельних конструкцій, база знань якої формується безпосередньо в процесі оцінювання їх технічного стану ( рис.1).

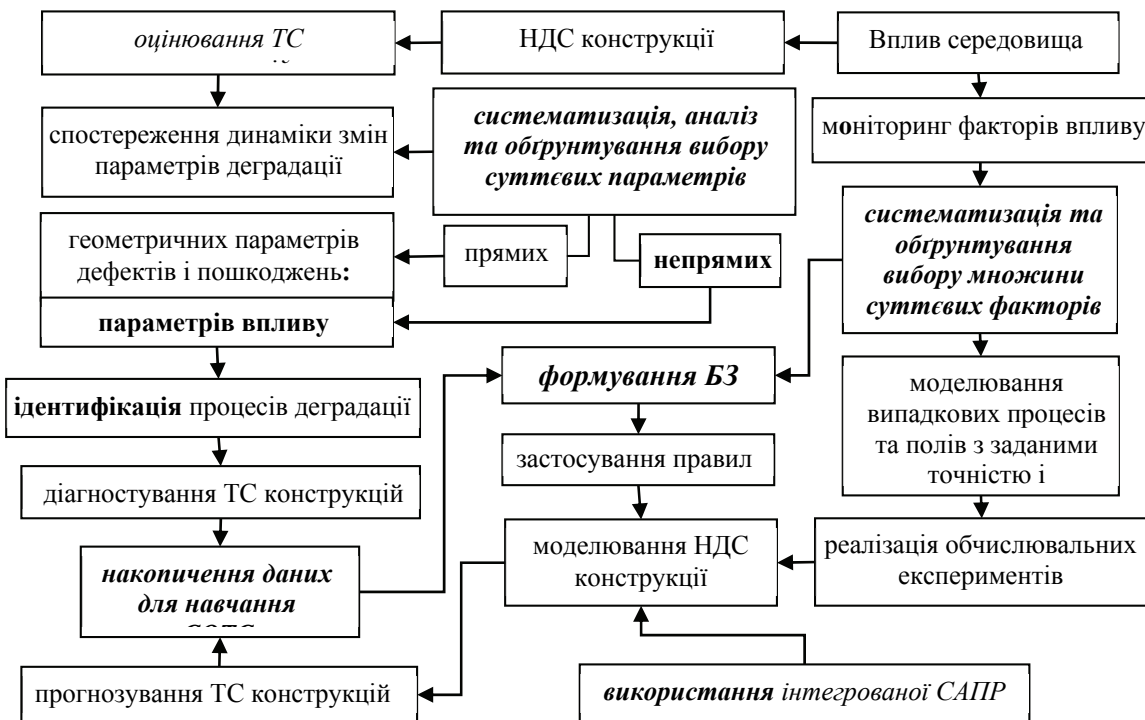


Рис. 1. Технологія оцінювання технічного стану будівельних конструкцій

Формування бази знань СОТС є частиною технології оцінювання технічного стану будівельних конструкцій, а термін «оцінювання» вміщує в собі визначення характеристик ймовірного стану БК при діагностуванні чи прогнозуванні, тобто в теперішньому чи майбутньому часі відповідно.

Основні етапи діагностування технічного стану ОБ досліджено в [3]. Прийняття рішень щодо подальшої експлуатації БК, які мають дефекти чи пошкодження або перебувають під дією критичних навантажень і впливів, визначаються сукупністю дефектів і пошкоджень на основі прогнозування характеру розвитку та ступеня небезпеки дефекту згідно чинних нормативних документів. Правила формуються експертами при співставленні результатів обстежень БК з результатами моніторингу впливу середовища і ґрунтуються на врахуванні ступеня відхилень класифікаційних ознак ТС від їх нормативних значень, характеру та ступеня впливу середовища і особистих знаннях експертів. Даний підхід дозволяє будувати нечіткі системи виведення для оцінювання ТС будівельних конструкцій на основі нечітких початкових даних і операцій нечіткої логіки.

При розробці нечіткої системи виведення, в даній роботі пропонується розрізняти поняття деградації елементів конструкції і деградації конструкційних матеріалів. Деградація елемента – накопичення корозійних і механічних дефектів, які зумовлюють падіння його несучої здатності. Деградація елемента характеризується певним набором прямих параметрів, серед яких геометричні параметри тріщин та інші структурні параметри, що безпосередньо характеризують ТС конструкції. Іншою причиною зміни характеристик ТС конструкцій є деградація матеріалів – зміна їх вихідного структурно-фазового стану під час експлуатації. Для урахування деградації матеріалів, множина прямих діагностичних параметрів доповнюється множиною непрямих параметрів, що містять інформацію про вплив середовища на кінетику деградації.

Алгоритм для отримання нечітких висновків описано в [4].

Для моделювання траєкторії розвитку тріщин використовуються методи статистичного моделювання випадкових процесів [5].

При діагностуванні поточні значення факторів впливу середовища передаються до інтегрованої системи автоматизації проектувальних робіт (САПР), в якій здійснюються побудова інформаційної моделі будівлі (ВІМ) і виконується розрахунок напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій [3]. Вибір множини суттєвих факторів впливу та затвердження найбільш ймовірних сценаріїв руйнування в кожному конкретному випадку здійснюється вповноваженою особою з урахуванням властивостей середовища створювати впливи і навантаження, що призводять до зміни напружено-деформованого стану (НДС). Окрім того, в сучасних САПР існує можливість призначати довільні розрахункові значення ряду параметрів НДС конструкцій і факторів середовища, що визначають характер і величину навантажень та вплив [2]. Зазначена можливість використовується при прогнозуванні наступним чином: модель НДС конструкції завантажується з будь-якої САПР, що підтримує формат передачі даних Industry Foundation Classes (IFC), а інтегрована САПР передає до диспетчера необхідну інформацію щодо тестових даних розрахункових елементів відповідно за типом виробництва, заводу тощо.

Елементи, що потребують оцінки, будуть виділені. Для оцінки їх ТС користувачу слід відмітити об'єкти зі списку перевірок і налаштувати необхідні параметри та правила з БЗ. Функції, за допомогою яких здійснюється управління параметрами та правилами описано в [3]. Значення параметрів і правила, що задаються за допомогою описаної технології та застосовуються експертом або користувачем, накопичуються в базі даних для навчання СОТС разом з описанням умов їх застосування і результатами розрахунків. Експериментально перевірені правила можуть бути використаними при моделюванні НДС конструкцій на стадіях утримання і планування реконструкції та при проектуванні об'єктів-аналогів.

**Висновки.** Запропонована технологія формування бази знань системи оцінювання технічного стану ЗБК є вдосконаленням технології, яка досліджувалась в [2, 3] і призначалась для експертного оцінювання технічного стану залізобетонних будівельних конструкцій. Інтеграція даної СОТС з таким розрахунковими комплексами, як ЛІРА-САПР, SCAD Office та Autodesk Revit Construction, забезпечить набуття знань за рахунок розширення статистичної бази протоколів натурних обстежень даними протоколів обчислювальних експериментів до об'ємів, що достатні для навчання ШНМ. При цьому, лишається ряд невирішених проблем, що пов'язані з реалізацією обчислювальних експериментів.

На розв'язання зазначених проблем будуть спрямовані подальші дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бородавка Є. В. Модель розширеної системи автоматизації життєвого циклу будівельного об'єкта / Є.В. Бородавка // Управління розвитком складних систем. – 2010. – № 4. – С. 69-71.
2. Єременко Б.М. Моделювання інтелектуальної системи для діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Б.М. Єременко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – № 1/2 (21). – С. 44-48.

3. Terenchuk S. Implementation of Intelligent Information Technology for the Assessment of Technology for Condition of Building Structures in the Process of Diagnosis / S. Terenchuk, B. Yeremenko, T. Sorotuyk // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 5/3(83), P. – 30-39.
4. Теренчук С.А. Оцінювання технічного стану будівельних конструкцій на основі нечіткого виведення / С.А. Теренчук, Б.М. Єременко, А.О. Пашко // Будівельне виробництво. – 2017. – № 61/2017. – С. 23-31.
5. Yeremenko B. Statistical Simulation of Accidental Loads in the Problems of Constructional Mechanics / B. Yeremenko, A. Pashko, S. Terenchuk // Advanced Materials Research. – 2015. – Vol 1122. – P. 249-252.

## БАЗОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ

Теслюк Т.В., Цмоць І.Г., Медиковський М.О., Опотяк Ю.В., Теслюк В.М.

*Національний університет «Львівська політехніка».*

*79013, Львів, вул. Бандери 12,*

*taras.teslyuk@gmail.com, ivan.tsmots@gmail.com.*

**Постановка проблеми.** Розвиток економіки регіону тісно зв'язаний з підвищенням її енергоефективності, яка залежить від: збалансованого і ощадливого споживання енергетичних ресурсів; технологій, обладнання та схем енергопостачання; структури споживання паливно-енергетичних ресурсів; рівня управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів. Для оцінювання енергоефективності економіки регіону використовуються низка показників, серед яких – валовий регіональний продукт, його енергоємність.

Валовий регіональний продукт визначається як сума валової доданої вартості усіх видів економічної діяльності в основних цінах, включаючи чисті податки на продукти вироблені в регіоні. Енергоємність валового регіонального продукту – рівень витрат паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленого валового регіонального продукту та розраховується за відомою методикою. Підвищення енергоефективності економіки регіону є комплексною проблемою, вирішення якої передбачає розроблення та реалізацію низки системних управлінських рішень як на регіональному рівні, так і на рівні окремих підприємств (організацій, установ). Важливим інструментом підвищення енергоефективності економіки регіону є використання інтелектуальних інформаційних технологій для побудови багаторівневої системи управління енергоефективністю регіону (БСУЕР). Така БСУЕР повинна забезпечувати:

- інформаційну взаємодію територіальних органів влади з підприємствами (організаціями, установами);
- комплексний моніторинг показників енергоефективності територій, підприємств (організацій, установ) регіону у режимі реального часу;
- інтеграцію та опрацювання інформаційних ресурсів про економічні, технічні, виробничі, екологічні та організаційні впливи як на рівні регіону, так і на рівні підприємства;
- інтеграцію функцій багаторівневого управління енергоефективністю регіону;
- формування для кожного рівня управління ефективних управлінських рішень, які ґрунтуються на результатах опрацювання великих обсягів інформації.

При розробці БСУЕР доцільно орієнтуватися на широке використання телекомунікаційних і Web технологій, баз даних, СУБД, сховищ та просторів даних, компонентів збору, оцінювання, оперативного аналітичного та інтелектуального опрацювання інформації, візуалізації результатів її опрацювання та прийняття управлінських рішень.

Інтелектуалізація БСУЕР передбачає широке використання інтелектуальних засобів для опрацювання даних і на їх основі формування управлінських рішень. На основі комплексного підходу та компонентно-орієнтованої технології пропонується розробити інтелектуальні компоненти БСУЕР, які орієнтовані на використання в ієрархічно-розподілених системах, що інтегрують функції керування технологічними та організаційно-економічними процесами. Використання комплексного підходу, який охоплює інформаційні технології, методи та засоби аналітичної обробки даних, моделювання, прогнозування та прийняття рішень, а також компонентно-орієнтованої технології, яка передбачає розробку інтелектуальних компонент у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс, забезпечить підвищення якості, зменшення вартості та часу проектування.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема підвищення енергоефективності економіки регіону шляхом використання інтелектуальних інформаційних технологій при розробці БСУЕР.

**Метою доповіді** є результати розроблення на базі штучних нейронних мереж інтелектуальних апаратно-програмних компонент для попереднього опрацювання даних, прогнозування енергоефективності та візуалізації результатів опрацювання.

**Основний матеріал.** БСУЕР використовуються для управління технологічними процесами та виконанням бізнес процесів (управління фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю) як на підприємстві, так і в регіоні. Основними задачами такої системи є збір, збереження, інтелектуальне опрацювання даних і підтримка прийняття управлінських рішень на всіх рівнях управління. Керівники, що використовують БСУЕР, концентруються не на задачах інтеграції та опрацювання даних, а на формуванні управлінських рішень. Особливістю задач, які розв'язуються інтелектуальними компонентами БСУЕР є: великий обсяг даних; різноманітність даних (кількісні, якісні, текстові); суперечливість та неповнота даних. Результати роботи інтелектуальних компонентів БСУЕР використовуються системою підтримки прийняття рішень. Інтелектуальні компоненти повинні забезпечувати високу точність результатів опрацювання та роботу у реальному часі.

Використання інтелектуальних компонентів в БСУЕР забезпечує підвищення ефективності управління технологічними процесами, виробничою, фінансовою, господарською та адміністративною діяльністю підприємств регіону. БСУЕР є ієрархічною трьох рівневою структурою, на кожному рівні якої використовуються інтелектуальні компоненти та розв'язуються такі задачі: перший рівень – управління енергоефективністю на рівні регіону з використанням інформаційно-аналітичної системи; другий рівень – управління фінансовою, господарською, адміністративною та виробничою діяльністю підприємств (установ); третій рівень – управління технологічними процесами на підприємствах і установах.

Інтелектуальні компоненти БСУЕР використовуються для розв'язання таких задач: попереднього опрацювання даних – динамічна фільтрація, заповнення пропусків і відновлення втрачених даних; інтелектуальний аналіз даних і бізнес-аналітика; прогнозування енергоефективності на всіх рівнях управління; візуалізації режимів роботи енергетичних систем та результатів інтелектуального опрацювання; управління у виконавчих механізмами, та складними об'єктами; налаштування параметрів технічних засобів у залежності від умов навколишнього середовища; опрацювання відеопотоків, розпізнавання зображень і сцен в системах технічного зору; управління рухом, контроль тяги і допоміжні сервіси в транспортних засобах; підтримки прийняття управлінських рішень.

Реалізацію інтелектуальних компонентів пропонується здійснювати на базі штучних нейронних мереж. Основна проблема використання штучних нейронних мереж для реалізації інтелектуальних компонентів БСУЕР полягає в виборі необхідних вхідних даних для поставленої задачі, вибір архітектури нейронної мережі, що відповідає поставленій задачі, формуванні тестової вибірки для навчання нейронної мережі та виборі алгоритму навчання. Штучна нейронна мережа з декількома входами і виходами призначена для перетворення вхідних сигналів у вихідні. Зазвичай вхідними даними для інтелектуальних компонентів БСУЕР на першому та другому рівнях управління є стратегічна інформація про макросередовище, мікросередовище та внутрішнє середовище підприємства, а на третьому та четвертому рівні – інформація з давачів, апаратів, агрегатів і виконавчих механізмів. На виході інтелектуальних компонентів першого та другого рівня БСУЕР формуються сигнали, на базі яких приймаються управлінські рішення, а на виході інтелектуальних компонентів третього та четвертого рівня сигнали управління виконавчими механізмами, апаратами та агрегатами.

Для реалізації інтелектуальних компонентів БСУЕР пропонується використати штучні нейронні мережі на основі парадигми “модель геометричних перетворень” (МГП). У її основі – представлення множини вхідних даних, що характеризує об'єкт дослідження, як сукупності векторів у  $n$ -вимірному просторі ознак, що утворює тіло об'єкта. Вважається, що тіло об'єкта може моделюватися за допомогою нейронної мережі для вирішення конкретного завдання дослідження об'єкта. Метою навчання нейромережі МГП є розклад (декомпозиція) тіла об'єкта на складові частини (первинних елементів декомпозиції) в просторі невеликої розмірності. Ці частини є носіями визначальної інформації про властивості об'єкта, зокрема, можуть бути використані для візуального відображення даних про об'єкт.

Для виконання процесів декомпозиції та композиції тіла об'єкта у різних задачах розроблені відповідні архітектури нейронних мереж. Усі ці архітектури мають в основі класичну структуру нейромережі прямого поширення з використанням додаткових впорядкованих бічних зв'язків між нейронами прихованих шарів.

При вирішенні задачі візуалізації доцільно використати структуру автоасоціативної нейронної мережі. Процес декомпозиції виконується під час руху даних від вхідного до прихованого шару. Координати первинних елементів декомпозиції в просторі малої вимірності, наприклад, двовимірному, формуються на виходах прихованого шару. Нейрони вихідного шару забезпечують відтворення тіла об'єкта в початковому просторі, тобто зворотне перетворення.

Відзначимо наступні можливості, які надає парадигма МГП для розв'язання задач візуалізації багатовимірних даних: процес навчання є не ітераційним на відміну від нейромереж, що навчаються за правилом зворотного поширення похибки; для побудови ефективних нейромереж достатньо використовувати один прихований шар; внаслідок нелінійності характеристик нейронів та синаптичних зв'язків можливе гнучке налаштування мережі для конкретної практичної задачі.

В доповіді розглядаються розроблені з використанням штучних нейронних мереж інтелектуальні апаратно-програмні компоненти для попереднього опрацювання даних, прогнозування енергоефективності та візуалізації результатів опрацювання.

**Висновок.** Інтелектуальні апаратно-програмні компоненти БСУЕР реалізуються з використанням штучних нейронних мереж у вигляді функціонально завершених модулів, що мають вихід на стандартний інтерфейс і забезпечують попереднє опрацювання даних, прогнозування енергоефективності та візуалізації результатів опрацювання.

**Доповідь підготовлена за результатами виконання НДР «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».**

## ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ

Товкач С.С.

Національний авіаційний університет,  
Київ, проспект Космонавта Комарова, 1 корп. 5, к. 5.107,  
ss.tovkach@gmail.com

Сучасний розвиток систем керування авіаційними газотурбінними двигунами (ГТД) характеризується зростанням у них інформаційної складової, на основі структури якої побудова математичної моделі за допомогою методів інтерполяції або екстраполяції є достатньо складною задачею. В умовах недетермінованої системи (де відсутній чіткий функціональний зв'язок між причиною і наслідком) накладаються значні обмеження на використання поширених методів системного аналізу – наприклад, статистики. У таких умовах добре зарекомендували себе інтелектуальні системи, побудовані на основі теорії нечітких множин і нейронних мереж [1].

Паралельно з інтелектуальними системами розвивався апарат вейвлетів [2], що є досить ефективним засобом локального представлення сигналів як в часовій, так і в частотній областях. Цінність вейвлет-аналізу полягає в його універсальності: даний метод може застосовуватися незалежно від того, чи є процес стаціонарним чи ні. Відзначимо, що ефективних методів аналізу структури нестационарних випадкових процесів існує небагато. У числі відомих і популярних підходів поряд з вейвлетами можна згадати метод аналітичного сигналу, який використовує перетворення Гільберта [3], і метод аналізу флуктуації щодо тренда (АФТ, в зарубіжній літературі використовується назва *detrended fluctuation analysis*) [3].

Кожен з методів інтелектуальних систем має свої переваги і недоліки, що окремо дозволяє з їх допомогою ефективно вирішувати різні задачі. Останнім часом спостерігається тенденція до об'єднання різних підходів у гібридні інтелектуальні системи, які дозволяють посилити ефективність застосування. На стику цих концепцій з'явилися нові конструкції, що отримали назву нечітких нейронних мереж [3,4] та вейвлет-нейронних мереж [4], які поєднують в собі гнучкість і здатність до навчання нейронних мереж, можливість компактного опису сигналів, властиве вейвлетам і можливість побудови прозорих правил виводу рішень на основі апарату нечіткої логіки (рис. 1, 2).

Позначення:

$x$  – вхідний чіткий вектор;

$\bar{x}$  – вектор нечітких множин, відповідний вхідному вектору  $x$  ;

$\bar{y}$  – результат логічного виводу у вигляді вектора нечітких множин;

$y$  – вихідний чіткий вектор.

Кожен із методів (рис. 2) обробляє одні і ті ж дані вимірювань, які надходять із входу і виходу газотурбінного двигуна. Апостеріорна інформація про можливі граничні параметри об'єкта керування і рівні шумів, які є продуктом нечіткої (множинної) ідентифікації, виступає в якості додаткових даних, що підлягають подальшій обробці як для підвищення показника точності при навчанні розпізнавання станів, так і для підвищення ефективності вейвлет-ідентифікації параметрів системи.

Для розв'язку задачі керування в умовах апріорної невизначеності відносно параметрів динамічної системи і характеристик шумів у вимірювальних каналах можна запропонувати три різних методи адаптивного керування: метод навчання розпізнавання станів і методи вейвлет- та нечіткої ідентифікації,

які використовують різні системи знань. Вони дозволяють отримати один і той же інформаційний продукт - набір параметрів поверхні переключення вектором  $C_n$ , який формується в кінці кожного  $n$ -го циклу випробувань.

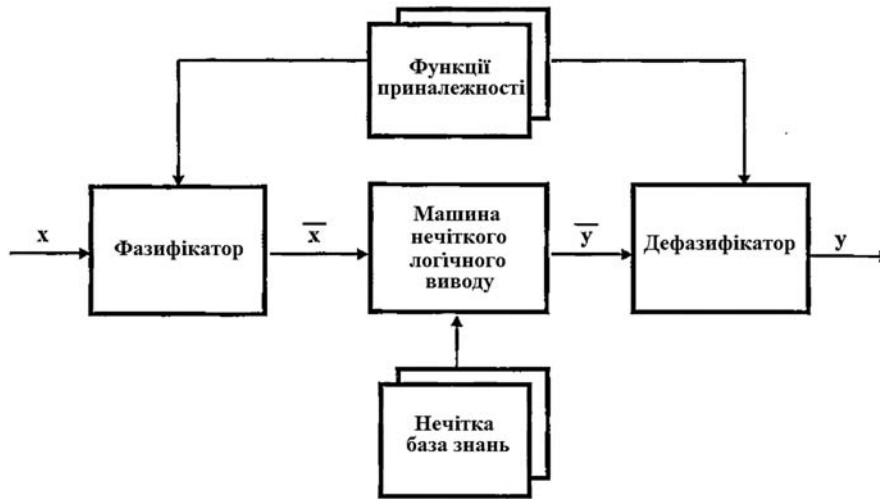


Рис. 1. Структурна схема системи нечіткого логічного виводу

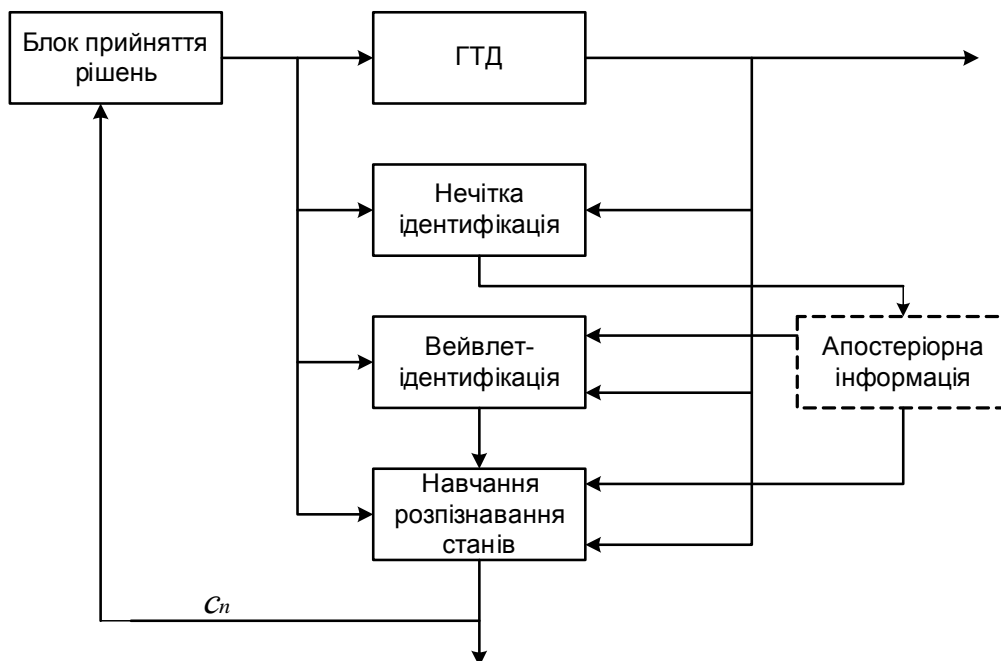


Рис. 2. Структурна схема інтеграції методів адаптивного керування авіаційним двигуном

Метод, побудований на навчанні розпізнавання станів, дає можливість знайти в кінцевому рахунку достатньо точне значення  $C_n = C^*$ , але ця точність досягається ціною тривалого процесу навчання. В той же час метод, побудований на вейвлет-ідентифікації, дозволяє швидко отримати оцінку  $c^*$ , але ця оцінка може виявитися досить грубою. Що стосується методів нечіткої (множинної) ідентифікації, то їх інформаційний продукт отримується достатньо швидко; при цьому він надає конструктору "ансамбль" можливих значень векторів  $C^*$ , який включає в свій склад і те оптимальне значення, що використовується в умовах повної інформації про параметри динамічної системи.

З метою суттєвого підвищення показників ефективності процесу прийняття керуючих дій при неповній інформації про характеристики системи пропонується інтеграція всіх трьох методів за схемою рис. 2. Така інтеграція дозволяє розраховувати на помітне підвищення точності і скорочення тривалості самого процесу навчання прийняття таких рішень, тим самим досягаючи системного ефекту.

Актуальність нових технологій в системах керування авіаційними ГТД обумовлена тенденцією збільшення складності математичних та формальних моделей реальних систем і процесів керування, пов'язана з бажанням підвищити їх адекватність і врахувати все більше число різних факторів, які впливають на процеси прийняття рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. / Г.Э. Яхьяева. – М.: Бином, 2006.
2. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. / Н.К. Смоленцев. – М.: ДМК, 2005. – 304 с.
3. Peng C.-K. Quantification of scaling exponents and crossover phenomena in nonstationary heartbeat time series / C.-K. Peng, S. Havlin, H. Stanley, A. Goldberger // *Chaos*. – 1995. – Vol. 5. – P. 82-87.
4. Bodyanskiy Ye. Learning wavelet neuron based on the RASP-function / Ye. Bodyanskiy, V. Kolodyazhniy, I. Pliss, O. Vinokurova // *Radio Electronics. Computer Science. Control*. – 2004. – №1. – P.118-122.

### ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ПОДІБНОСТІ МУЗИЧНИХ ТВОРІВ

Тригубишин І.Л., Селін Ю.М

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м.Київ, пр.Перемоги, 37,*

*yolka103@gmail.com, selinyurij@online.ua*

Швидкий розвиток цифрових технологій, Інтернету та мультимедійної індустрії викликав величезний надлишок інформації. Все більше зростаюча кількість мультимедійних даних ускладнює пошук і рекомендацію відповідної інформації. Наприклад, в цифровій музичній індустрії великі інтернет-магазини, такі як iTunes Store, містять до 14 мільйонів пісень і кожного місяця в них додають тисячі нових пісень[3]. В таких обставинах необхідні швидкі і ефективні підходи до пошуку, що працюють в великомасштабних мультимедійних базах даних. Зокрема, пошук подібності являє собою складну наукову проблему, яка допомагає полегшити прогрес в галузі мультимедійних знань, організації та рекомендацій музики.

Вивчення способів пошуку і рекомендації музики користувачеві є центральним завданням в галузі отримання інформації з музики. Зі спрощеної точки зору це завдання можна розглядати як отримання відповідного вимірювання відстані між піснею запиту і набором потенційних кандидатів. Таким чином, необхідно відобразити всі музичні твори в певний простір, де може бути обчислена міра відмінності. В даний момент дослідники і практики заповнюють це просторове простір інформацією, витягнутої з аудіоконтенту, контексту, або того й іншого. Контекстна інформація у вигляді оцінок користувачів і соціальних тегів є потужним джерелом для вимірювання музичного схожості. Однак отримання таких даних в довготривалій перспективі стає проблематичним[4]. Загальна відсутність оцінок користувачів і соціальних тегів для непопулярних мультимедійних елементів ускладнює їх достатню характеристику, оскільки споживання мультимедіа зміщено в бік популярних елементів.

В якості альтернативи, інформація, витягнута з аудіоконтенту, може допомогти подолати цю проблему. Для характеристики музики використовуються дескриптори, які витягуються безпосередньо з акустичного сигналу, і у яких зберігаються тільки важливі характеристики аудіо сигналу. У MPEG-7, стандарті опису аудіовізуального контенту запропоновані інструменти звукового опису, що описують контент. За допомогою низькорівневих дескрипторів можна здійснювати пошук і фільтрацію аудіоконтенту щодо, наприклад, спектру, гармонії, тембру і мелодії. Дескриптори можна поділити на 2 основні групи: глобальні і тимчасові. Глобальні описують аудіо сигнал в цілому, а тимчасові лише для конкретного часового фрейму, який представляє собою частину аудіосигналу. Часові і спектральні параметри, які існують на даний момент, описують форму хвилі і спектральні характеристики лог-частот (наприклад, спектральний центр, спектральний розкид, спектральна площину), параметри сигналу: основна частота і гармонію сигналів, спеціалізовані спектральні характеристики в лінійному частотному просторі[5].

Таким чином, в результаті витягнення аудіо дескрипторів ми отримуємо інформацію, яка відображає контент музичних творів і може використовуватись в подальшому для визначення попарних відстаней між творами. На даному етапі пропонується використати лінгвістичне моделювання, оскільки воно підходить для процесів аперіодичних процесів із складною внутрішньою структурою, які мають виражені внутрішні стани[2]. В рамках лінгвістичного підходу припускається, що внутрішня структура процесу може бути дискретною і описуваною деякою мовою з відповідною граматикою. Для цього



використовується синтаксичне розпізнавання даних – розбивка навчальних даних на інтервали і присвоєння їм символів[1]. Символьний запис може бути отримано за допомогою використання інтервальної математики. Тобто, в моделі процесу інтервали даних замінюються символами. І в результаті отримаємо лінгвістичну модель побудовану на основі лінгвістичного моделювання сукупність символьних послідовностей за обраними параметрами лінгвістизації та відновлену на її основі формальну граматику.

В рамках лінгвістичного моделювання можна виділити наступні стадії:

- Збір і валідація даних. В рамках пошуку подібності на цьому етапі здійснюється витяг музичних дескрипторів.

- Синтаксичне розпізнавання даних – інтервалізація навчальних даних і присвоєння їм символів. Ми здійснюємо розбивку вхідних даних на інтервали згідно вибраного розподілу і присвоюємо інтервалам довільні символи, які служать для подальших етапів моделювання.

- Розпізнавання синтаксису – в моделі процесу інтервали даних замінюються символами. Отриману послідовність аналізують на наявність граматичних конструкцій. На виході отримуємо список граматичних конструкцій з імовірностями їх наявності в процесі, а також матрицю імовірностей переходу з символу в символ.

- Верифікація моделі – перевірка моделі на тренувальній і тестовій вибірці, порівняння результатів, в разі необхідності повторне проходження процедури розпізнавання символів і синтаксису

- Моделювання цільового процесу – використовуючи побудовану модель, будується множина синтаксичних конструкцій з ймовірностями їх настання.

Отримана на останньому етапі множина використовується для отримання рішень, для допомоги прийняття яких проводилося моделювання. Міра подібності музичних творів визначається на основі ймовірності того, що лінгвістичний ланцюжок вхідного музичного сигналу був згенерований відповідною матрицею переходів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Шулькевич Т.В Процедура лінгвістичного моделювання динамічних процесів різної природи / Шулькевич Т.В., Халимон А.Ю., Селін Ю.М., Недашківський С.А., Баклан І.В. / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту, 2016, / Збірка наукових праць / Херсон ПП Вишемирський В.С. 2016, с 156-161
2. Баклан І.В. Структурний підхід до аналізу та прогнозування поведінки часових рядів / І. В. Баклан, Ю. М. Селін// Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон: ХНТУ, 2005, No2 –С,27-31.
3. M. Schedl , E. Gómez and J. Urbano. Music Information Retrieval: Recent Developments and Applications. Foundations and Trends in Information Retrieval Vol. 8, No. 2-3 (2014) 127–261
4. P. Cano. A Review of Algorithms for Audio Fingerprinting. International Workshop on Multimedia Signal Processing, US Virgin Islands, December 2002
5. Unifying Low-level and High-level Music Similarity Measures Dmitry Bogdanov, Joan Serra, Nicolas Wack, Perfecto Herrera, and Xavier Serra IEEE transactions on multimedia, vol. X, no. X, month 2010.

## УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ГЕОСИСТЕМ

**Триснюк В.М.**

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,*

*м. Київ, Чоколівський бульвар 13.*

*trysnyuk@ukr.net*

Екологічна безпека геосистем сьогодення потребує нових підходів щодо збереження довкілля. Актуальні завдання у сфері регіональної екологічної політики вимагають активної участі нашої держави у зусиллях міжнародного співробітництва з попередження та зменшення негативних наслідків регіональній безпеці. Дослідження проблем безпеки регіонів для належного захисту особи, господарських об'єктів та навколишнього середовища дають підстави для запровадження ризик-орієнтованого підходу для підвищення дієвості і ефективності державної системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій різного походження.

Система управління екологічною безпекою геосистем забезпечується шляхом створення раціональних «конструкцій», які передбачають:

- відповідну організацію території;
- вибір форм і видів господарювання з урахуванням особливостей протікання в геосистемах небезпечних процесів і явищ (екологічних ризиків);

– проведення заходів щодо попередження виникнення екологічних загроз.

Аналіз ризиків на регіональному рівні пов'язаний з аналізом загроз, які відповідно визначають рівень безпеки регіону. Теоретичною основою оцінювання рівнів безпеки регіонів може бути теорія надійності, відповідно до якої надзвичайні ситуації слід розглядати як «відмови» елементів систем, що призводять до порушення їхньої стійкості [1].

Загалом управління екологічною безпекою – це складний, багатоетапний процес, що потребує належного технічного оснащення і відповідно теоретичного обґрунтування. Розглянемо більш докладно алгоритм цього процесу, представлений на рис. 1.



Рис. 1. Схема-алгоритм управління екологічною безпекою

Визначення небезпеки полягає в ідентифікації та попередньому оцінюванні ступеня небезпеки елементів забруднення, характерних для певної території. До них можна зараховувати такі: радіація певного виду, хімічна речовина, тверді частки (наприклад, цемент, азбест) і т. ін. На етапі інвентаризації об'єктів та джерел небезпеки визначаються не тільки джерела забруднення, а й канали їхнього надходження в навколишнє середовище, причому окремо в атмосферу, ґрунт, водойми, харчові продукти або безпосередньо в організм. Це необхідно насамперед для організації подальшого ефективного моніторингу, без якого управління екологічною безпекою є практично неможливим. Моделювання на основі різних методів – за допомогою фізичних вимірювань, анкетування, побудови складних математичних моделей – полягає в тому, що тільки таким шляхом можуть бути обґрунтовані обрані рецепторні точки для моніторингу. Саме на основі свідчень у рецепторних точках надалі здійснюватиметься управління відповідними процесами. Загальна кількість моніторингових точок залежить переважно від площі досліджуваної території, концентрацій та експозицій елементів забруднення на різних територіях, а також економічних можливостей контролюючої організації [2]. Для оцінювання захворюваності та смертності від індивідуальної і сумарної дії елементів забруднення, що становлять небезпеку для здорової людини, як правило, рецепторні точки диференціюються за критеріями канцерогенності. Цей етап потребує знань і відомостей, отриманих на попередніх етапах, а за необхідності – додаткових досліджень. При постановці завдання оцінювання ризиків, створюваних стаціонарними джерелами, цей процес може плануватися як для підприємств, розташованих тільки на контрольованій території, так і з урахуванням суб'єктів господарювання на суміжних територіях. Для подальшого ефективного управління необхідно представляти результати досліджень у вигляді сумарних карт забруднення території та матриці канцерогенного впливу.

Вираховується похибка в оцінці невизначених ризиків, що характеризуються такими показниками як коефіцієнт варіації, середньоквадратичне відхилення, довірчий інтервал.

Управління геосистемами з метою забезпечення їх екологічної безпеки, розглядаємо як діяльність з організації раціональних взаємодій між господарством, технікою, людською діяльністю і геосистемами.

За випереджувального управління прогнозується стан геосистем за різних навантажень, визначаються норми дії, а також допустимі наслідки. За оперативного управління контролюється відповідність реального стану геосистеми нормативним характеристикам, а також підтримання заданого режиму за допомогою різних технологічних процесів.

Для ДЗЗ/ГІС-технології управління екологічною безпекою визначаються кількісні альтернативні та інші засоби, що дозволяють досягати визначеної мети.

Кінцевим показником, за яким проводиться класифікація територій, обрано відносний інтегральний індекс антропогенного навантаження на одиницю досліджуваної території.

Антропогенне навантаження слід розуміти як будь-який негативний вплив людської діяльності на життєдіяльність екосистеми, який можна виміряти кількісно. Це інтегральні індекси забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів і земельних ресурсів.

Більшу об'єктивність забезпечує комплексне поєднання польових методів спостереження, методів математичного моделювання і методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в поєднанні з активним використанням технологій геоінформаційних систем (ГІС). Особливу увагу варто приділити саме впровадженню ДЗЗ/ГІС-технологій, оскільки методичний комплекс дешифрування космічних знімків є універсальним, а також використання зазначених можливостей дає змогу автоматизувати процес оцінювання та прогнозування поточної екологічної ситуації в межах спеціалізованої регіональної геоінформаційної системи [3]. Аналіз структури інформаційно-методичного забезпечення показує, що екологічний моніторинг - лише один з елементів блоку збору даних про стан навколишнього середовища і природних ресурсів. На рівні регіону необхідно створювати інтегровану інформаційно-аналітичну інформаційну систему органів управління, що включає до свого складу:

- систему екологічного моніторингу (як відомчого, так і міжвідомчого);
- комплекс інформаційних систем кадастрів окремих видів природних ресурсів, що інтегруються в регіональний кадастр природних ресурсів;
- систему екологічної безпеки, що дозволяє прогнозувати і попереджати прояв надзвичайних ситуацій техногенно-екологічного характеру.

Для вирішення проблем, пов'язаних з показниками екологічної стійкості територій, необхідне застосування системного підходу, при якому враховується наявність багатьох чинників антропогенного походження, що впливають на екологічну ситуацію в регіоні. Значну частину екологічних проблем регіонів становлять саме ті, що пов'язані з неефективним механізмом прийняття рішень, недостатньою інформативністю екологічних показників, дискретністю підрозділів системи моніторингу довкілля тощо.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Екологічний аудит територій: Підручник. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 342 с.
2. Триснюк В.М. Екологія Гусятинського району. Тернопіль. Тернограф, 2004. – 219 с.
3. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Інформаційні системи тематичної обробки геоданих в завданнях моніторингу довкілля і природних ресурсів на регіональному рівні // Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприянні вирішення проблем Харківщини» Харків, 201

### МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГА ПРОЦЕССНО - ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Тупкало В.Н.

*Киевский институт интеллектуальной собственности и права Национального университета  
«Одесская юридическая академия»*

В современных рыночных условиях хозяйствования все более актуальным становится процессно-ориентированный подход к управлению деятельностью предприятий. При внедрении на предприятиях процессного менеджмента ключевой задачей является описание иерархической системы бизнес – процессов, включающей управленческие и технологические бизнес-процессы. Не сделав их корректного описания, бессмысленно переходить к следующим стадиям совершенствования (инжинирингу/реинжинирингу) деятельности предприятия, в частности, к совершенствованию организационной и финансовой структуры, внедрению эффективной автоматизированной информационной системы. Что такое «корректное» описание? Это, прежде всего, выбор концептуальной модели синтеза системы процессного управления предприятием [1], позволяющая дать ответ на вопрос: как будут реализовываться стратегические цели развития бизнеса предприятия в процессе его операционной деятельности, как будет создаваться цепочка управленческой бизнес - ценности и

потребительской (клиентской) ценности предприятия [2]. Следующим важным звеном причинно-следственной цепи корректного описания системы бизнес - процессов предприятия является выбор и использование соответствующей нотация графического описания (визуального представления) бизнес - процессов, которая должна обеспечить: максимальное визуальное восприятие и понимание сути (логистики) бизнес - процессов всеми их исполнителями в части установленных компетенций, максимальную информативность о компонентах бизнес - процесса (функциях должностных лиц, материальных и информационных ресурсах, документообороте, входах и выходах и т.д.).

В докладе изложены разработанные автором основы методологии инновационного инжиниринга процессно-ориентированных предприятий. Дано определение категории «Инновационный инжиниринг процессно-ориентированных предприятий» как методологии, которая соединяет вместе научно-экономические и информационно-технические знания с целью решения задачи обеспечения экономической устойчивости предприятия путем проведения адаптивных преобразований на стратегическом уровне и на уровне протекания управленческих и технологических бизнес-процессов на основе инжиниринговой концепции «организационная структура следует за стратегией» [3]. При этом понятие «Методология процессного бизнес – моделирования» определено как комплекс знаний по решению задач разработки БАЗЫ ЗНАНИЙ (БЗ) о процессно - ориентированном управлении предприятий (организаций) и визуальных нотаций объектов БЗ с целью реализации бизнес - инноваций предприятий в их финансово - экономический результат (бизнес - ценность) в системе четырех цепочек создания управленческой ценности предприятия [4]:

- цепочка создания управленческой ценности предприятия;
- цепочка создания ценности для клиента;
- цепочка создания ценности первичных учетных данных;
- цепочка создания управленческой информационной ценности для руководителей предприятия (центров принятия управленческих решений).

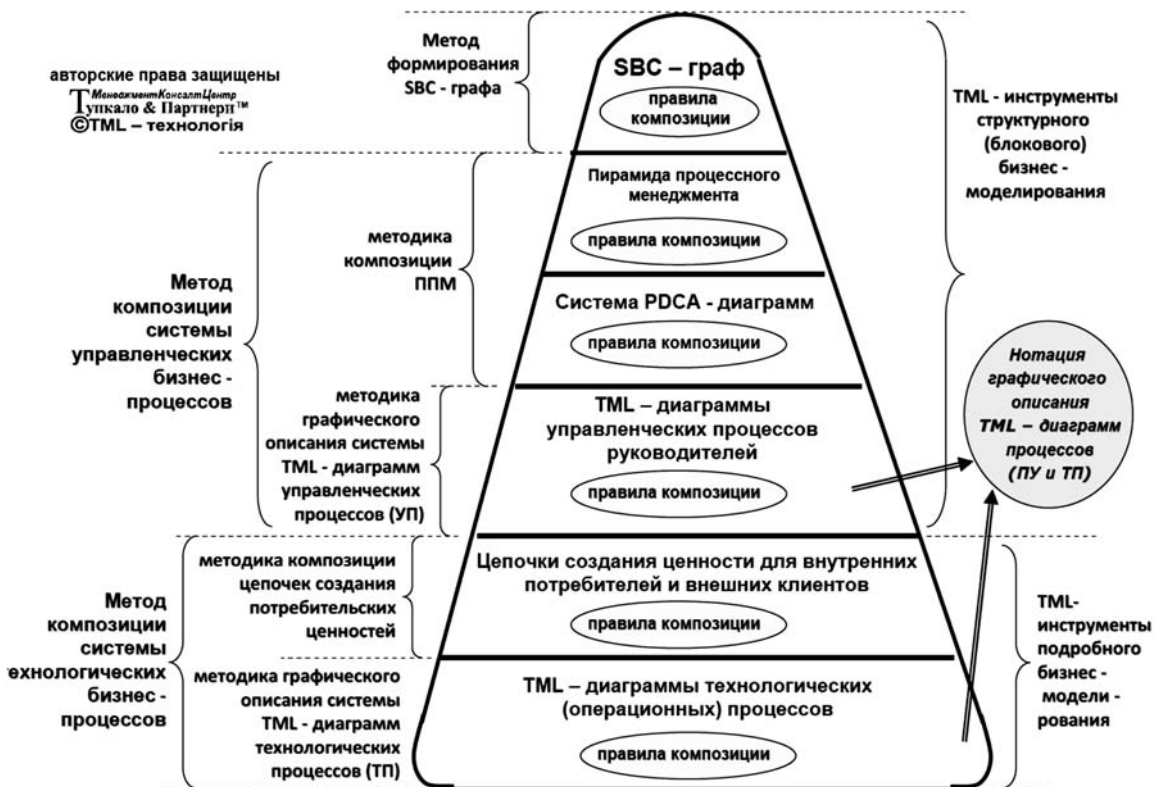


Рис. 1. Структура языка процессного бизнес – моделирования TML [4]

В контексте вышесказанного, следуя цепочке прагматичного решения методологической проблемы «методология - методы - методики», ключевым является решение задачи синтеза методик выделения, композиции и графического описания бизнес – процессов, которые в свою очередь (методики) при их постоянном развитии могут являться источником знания по инновационным преобразованиям качества системы менеджмента предприятия. В результате проведенных исследований была разработана модель инновационного механизма реализации инжиниринговой концепции «организационная структура следует за стратегией». В качестве описательного визуализированного представления объектов базы знаний

процессного менеджмента інноваційно-орієнтованого підприємства в рамках запропонованої вище системи цюпочек створення бізнес-цінностей пропонується використовувати мову процесного бізнес-моделювання TML (мова моделювання Тупкало, англ. TML - Tupkalo Modeling Language) [4], який позиціонується як комплекс методів виділення, композиції та описателювального візуалізованого представлення об'єктів бази знань процесного менеджмента підприємства в рамках установленної системи цюпочек створення цінності підприємства (см. рис.1). Научна новизна отриманих результатів дослідження складає в тому, що сформульовані концептуальні основи та бачення одного з можливих шляхів подальшого розвитку теорії організаційних систем в частині методології інноваційного менеджмента - розвитку апарату інноваційного інжиніринга процесно-орієнтованих підприємств. Научне та практичне значення результату дослідження в формі запропонованої моделі інноваційного механізму реалізації інжинірингової концепції «організаційна структура слідує за стратегією» має універсальний характер і модель може бути використана підприємствами різних видів економічної діяльності. Перспективою подальших наукових досліджень є формування цілісної системи управління інноваційно-орієнтованим розвитком великих промислових підприємств.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Репин В.В. Кризис... в управлении бизнес-процессами? [Електронний ресурс]. - Режим доступу к статье: <http://www.klubok.net/article2432.html>
2. Елиферов В. Г. Практика автоматизации бизнес-процессов [Електронний ресурс] / В. Г. Елиферов, А. П. Прошин. - Режим доступу к статье: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=20838>
3. Chandler A. D. Strategy and Structure / A. D. Chandler. - Cambridge: MIT Press, 1962.
4. Тупкало В.М. Бізнес – інжиніринг сучасних процесно – орієнтованих підприємств: монографія / В.М. Тупкало. - К.: ДУТ. 2016. - 281 с. - Режим доступу к монографии: <http://www.twirpx.com/file/2142999/>

## РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ

Федусенко О.В., Федусенко А.О., Цюцюра С.В., Цюцюра М.І.

*Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Київ, Україна**evfedus@gmail.com, fantom1973@mail.ru, svtsutsura@mail.ru, ts.m.i@mail.ru*

Останнім часом адаптивні системи істотно підвищують можливості навчальних систем. Метою адаптивних систем є персоналізація системи навчання, її налаштування на особливості індивідуальних користувачів, а саме студентів[1].

Підтримка адаптивних методів найбільш ефективно реалізується у системах дистанційного навчання, які обслуговують багато користувачів з різним рівнем знань і досвідом. Навчальні дистанційні системи, в яких користувач має конкретну мету навчання (включаючи і таку мету, як загальна освіта), є типовим застосуванням адаптивних гіпермедіа систем. У цих системах основна увага приділяється знанням студентів, які можуть сильно відрізнитися. Стан знань змінюється під час роботи з системою. Таким чином, коректне моделювання зміни рівня знань, належне відновлення моделі і здатність робити правильні висновки на базі оновленої оцінки знань є найважливішою складовою адаптивної системи дистанційного навчання[2].

Розглянемо загальну модель адаптивної інформаційної системи навчання (1).

$$A = \left\{ \left[ \text{ПН} \xleftrightarrow{\text{БЗ,БД}} \text{ПК} \right] \right\} \quad (1)$$

Це означає, що адаптивна інформаційна система навчання (А) складається з підсистеми навчання(ПН) яка певним чином, через базу даних (БЗ) та базу даних (БД) пов'язана з підсистемою контролю знань студентів (ПК).

В свою чергу підсистему навчання можна представити наступним чином (2)

$$\text{ПН} = \left\{ \left[ \text{Д} \xleftrightarrow{\text{БЗ,БД}} \text{МС} \right] \right\} \quad (2)$$

Це означає, що підсистема навчання (ПН) складається з Д-графа який певним чином, через базу даних (БЗ) та базу даних (БД) пов'язаний з моделлю студента (МС).

Фактично Д – граф – це орієнтований граф вузлами якого є дисципліни, а дугами зв'язки між ними. Але на відміну від звичайного орграфу вузли крім унікального номеру І мають ще декілька атрибутів, а саме:

- С – назва дисципліни;
- Множина властивостей вузла В яка включає в себе наступні атрибути:
- Л – кількість лекційних занять;
- Лаб – кількість лабораторних занять;
- П – кількість практичних занять;
- К – наявність індивідуальної або курсової роботи, якщо К=0, то курс не передбачає ані курсової а ні індивідуальної роботи, К=1 – індивідуальна робота, К=2 курсова робота;
- І – вид контролю, І=0 – залік, І=1 диференційний залік, І=2 іспит.

При цьому кожен зв'язок також має свій атрибут – Б – мінімальний бал при якому можна перейти до вивчення наступної дисципліни.

Д-граф  $G=(O,P)$  задано кінцевою множиною дисциплін О та множиною відносин між ними  $P \subset N \times O \times O$ , де N множина натуральних чисел[3].

Кожна з вершин Д-графа О описується атрибутами:

$$A(O) = \{I \in N, C, B = \{L_{1..M}, Lab_{1..M}, P_{1..M}, K_{1..M} = \{0,1,2\}, I_{1..M} = \{0,1,2\}\},$$

де М множина натуральних чисел.

При цьому необхідно зауважити, що кожному з дисциплін у свою чергу також можна представити за допомогою  $G(V,E)$  з множиною вершин V – модулем дисципліни (тематично завершена частина навчального матеріалу) і з множиною ребер E – упорядкованих пар номерів [p,q] суміжних вершин[4], тобто

$$E = \{[p_1, q_1], [p_2, q_2], \dots, [p_m, q_m]\} \quad (3)$$

Модель підсистеми контролю має наступний вигляд (4)

$$PT = \{[ПФЗ \leftrightarrow \{БЗ, БД\}], [ПП \leftrightarrow МС]\} \quad (4)$$

Це означає, що підсистема тестування (ПТ) складається з підсистеми формування завдань та тестів (ПФЗ) яка певним чином пов'язана з базою знань(БЗ) та базою даних(БД), та підсистеми перевірки відповідей яка певним чином пов'язана з моделлю студента (МС).

Розглянемо модель підсистеми перевірки (5)

$$PP = \{AK \leftrightarrow PAB\} \quad (5)$$

Це означає, що підсистема перевірки (ПТ) складається з алгоритму контролю (АК) який певним чином пов'язано з підсистемою аналізу відповідей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Федусенко О.В., Рафальська О.О. Розробка загальної концептуальної моделі дистанційного розгалуженого курсу// Управління розвитком складних систем.. – 2011. – Вип. 8. С. – 92 – 95.
2. Федусенко О.В., Хроленко В.М., Федусенко А.О., Доманецька І.М. Остапенко А.О. Розробка адаптивної системи контролю знань з відкритими питаннями // Международный научный журнал Acta Universitatis Pontica Euxinus. Специальный выпуск. XI международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», Варна, Болгария – 2015, С. – 495-500 с
3. Федусенко, О. В, Рафальська О.О. Системи управління навчальним процесом студентів з розгалуженою організацією дистанційного навчання у вищому навчальному закладі, // Управління розвитком складних систем. – Київ,- 2013. – Вип. 13. – С. – 162 – 165.
4. Федусенко О.В., Рафальська О.О. Розробка загальної концептуальної моделі дистанційного розгалуженого курсу// Управління розвитком складних систем.. – 2011. – Вип. 8. С. – 92 – 95.

**МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ГРУПОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПЛІС SPARTAN 3A**

**Цмоць І.Г.<sup>1</sup>, Ігнатів І. В.<sup>2</sup>**

1. Національний університет «Львівська політехніка»,  
79013, Львів, вул. Бандери 12,  
ivan.tsmots@gmail.com
2. Тернопільський національний економічний університет,  
46000, Тернопіль, вул. Львівська 11,  
iiv@tneu.edu.ua

**Постановка задачі.** Зменшити час групового підсумовування та орієнтувати алгоритми на НВІС-реалізацію можна шляхом використання вертикального та багатооперандного підходів. При використанні таких підходів процес групового підсумовування розглядається як виконання єдиної операції, що ґрунтується на базовій операції додавання значень бітів розрядного зрізу, тобто зводиться до вертикальної моделі обчислення.

**Метою доповіді** є розроблення модифікованого методу, структури пристрою групового підсумовування та його реалізація на ПЛІС Spartan 3A.

**Основний матеріал.** Горизонтальна модель групового підсумовування записується так:

$$Z = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^n 2^{-i} C_{ji}, \quad (1)$$

де  $M$  – кількість доданків;  $n$  – кількість двійкових розрядів,  $C_{ji}$  –  $i$ -й розряд  $j$ -о доданка.

У роботі [1] розглянуті всі можливі варіанти реалізації горизонтальної моделі групового підсумовування. Найшвидшим варіантом реалізації горизонтальної моделі групового підсумовування є паралельно-паралельний метод. Алгоритм реалізації паралельно-паралельного групового підсумовування є каскадним. Час отримання суми за таким алгоритмом залежить від кількості ярусів  $h$  ярусів графа алгоритму, які обчислюється так:

$$h = \lceil \log_2 M \rceil, \quad (2)$$

де  $\lceil \cdot \rceil$  – операція округлення до більшого цілого числа.

Замінивши у формулі (1) порядок підсумовування переходимо до вертикальної моделі обчислення оператора групового підсумовування, яка записується так:

$$Z = \sum_{i=1}^n 2^{-i} \sum_{j=1}^{M_i} C_{ji}, \quad (4)$$

Існуючі вертикальні методи обчислення операції групового підсумовування зводять процес обчислення до перетворення багаторядного коду в однорядний з використанням базової операції перетворення трирядного коду в дворядний. Перетворення трирядного коду в дворядний здійснюється за допомогою шару однорозрядних суматорів, що не мають зв'язків між собою. Для зменшення часу перетворення багаторядного коду в однорядний шари однорозрядних суматорів необхідно об'єднати за принципом дерева Уоллеса [1,2]. Групове підсумування за таким методом розглядається як виконання єдиної операції, де одиниці переносів враховуються тільки один раз при заключному етапі перетворення дворядного коду в однорядний.

Пришвидшення процесу перетворення багаторядного коду в однорядний пропонується здійснити шляхом використання однорозрядних операцій додавання відповідно трьох, семи і п'ятнадцяти операндів. Для реалізації таких операцій використовуються 3-, 7- і 15-входові однорозрядні суматори.

Для реалізації таких операцій використовуються 3-, 7- і 15-входові однорозрядні суматори.

Аналітичні вирази для реалізації 7-входового однорозрядного суматора запишуться так:

$$S_2(2^0) = Y_0L_1 \vee Y_1L_0 \vee Y_0L_3 \vee Y_1L_2 \vee Y_2L_1 \vee Y_3L_0 \vee Y_1L_4 \vee Y_2L_3 \vee Y_3L_2 \vee Y_3L_4,$$

$$S_1(2^1) = Y_0L_2 \vee Y_1L_1 \vee Y_2L_0 \vee Y_2L_1 \vee Y_3L_0 \vee Y_2L_4 \vee Y_3L_3 \vee Y_3L_4 \vee Y_0L_3 \vee Y_1L_2,$$

$$P(2^2) = Y_0L_4 \vee Y_1L_3 \vee Y_2L_2 \vee Y_3L_1 \vee Y_1L_4 \vee Y_2L_3 \vee Y_3L_2 \vee Y_2L_4 \vee Y_3L_3 \vee Y_3L_4,$$

де  $Y_0 = \overline{C_7C_6C_5}$ ;  $Y_1 = \overline{C_7C_6C_5} \vee \overline{C_7C_6C_5} \vee \overline{C_7C_6C_5}$ ;  $Y_2 = \overline{C_7C_6C_5} \vee \overline{C_7C_6C_5} \vee \overline{C_7C_6C_5}$ ;

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= C_7 C_6 C_5; & L_0 &= \overline{C_4 C_3 C_2 C_1}; & L_1 &= \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1}; \\
 L_2 &= \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1}; \\
 L_3 &= \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1} \vee \overline{C_4 C_3 C_2 C_1}; & L_4 &= C_4 C_3 C_2 C_1.
 \end{aligned}$$

На основі аналітичних виразів та за допомогою програмного засобу ISE Design Suite 14.7 синтезовано комбінаційний 7-входовий однорозрядний суматор, схема якого подана на рис. 1.

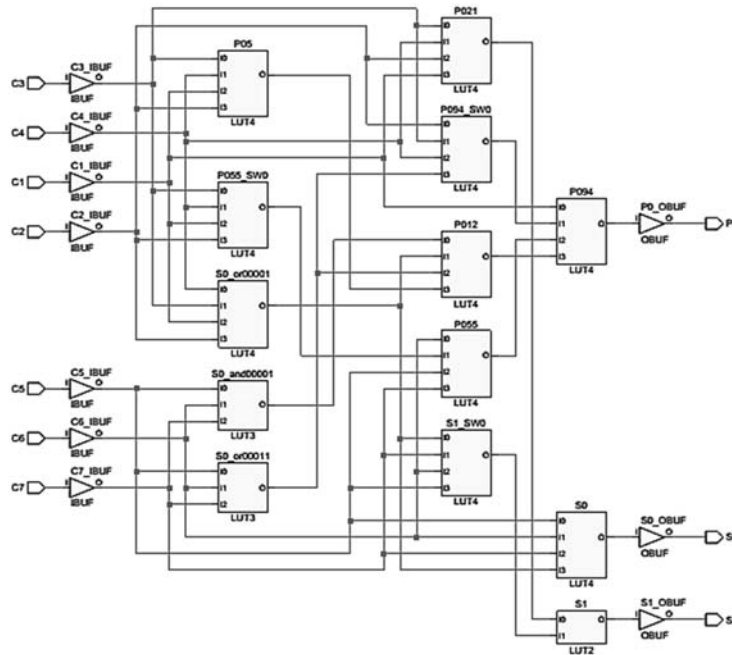


Рис. 1. Схема комбінаційного 7-входового однорозрядного суматора

В програмному продукті Xilinx було розроблено RTL схему пристрою (рис. 2) та отримано часову діаграму для перевірки коректності роботи пристрою яка подана на рис. 3.

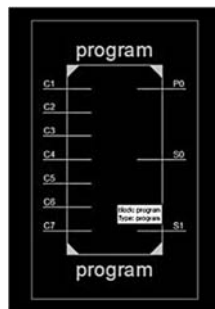


Рис. 2. RTL схема пристрою (C1 – C6 – вхідні порти, P0,S0,S1 – вихідні порти)

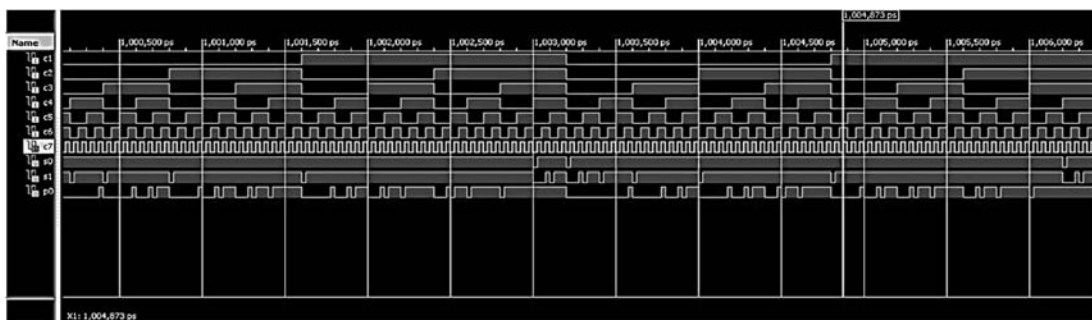


Рис. 3 – Часова діаграма роботи пристрою групового підсумовання



Для групового підсумовування багаторозрядних чисел використовуються розроблені багатовходові однорозрядні суматори, які об'єднуються за принципом дерева Уоллеса та забезпечують перетворення багаторядного коду в дворядний, який перетворюється в однорядний за допомогою паралельного суматора.

**Висновок.** Зменшення часу групового підсумовування досягається комплексним використанням вертикального та багатооперандного підходів, при якому обчислення ґрунтується на вертикальних операціях і розглядається як єдиний процес підсумовування. Використання для синтезу пристрою групового підсумовування 15-входових і 7-входових однорозрядних суматорів забезпечує зменшення кількості перетворень і, відповідно, часу обчислення.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки сигналів і зображень у реальному часі: монографія / Ю.М. Рашкевич, Р.О. Ткаченко, І.Г. Цмоць, Д.Д. Пелешко. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. -256 с.
2. Гамаюн В.П. О развитии многооперандных вычислительных структур / В.П. Гамаюн // Управляющие системы и машины. – 1990. - №4. – С. 31-33.

### ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

**Цмоць І.Г., Опотяк Ю.В., Сидоренко Р.В.**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
Кафедра автоматизованих систем управління  
ivan.tsmots@gmail.com*

Пошук шляхів підвищення енергоефективності економіки України неможливий без вирішення завдань створення ефективних, за критерієм якості та вартості, систем збору та аналізу інформації про стан технологічних процесів. Вирішення цього завдання утруднюється відсутністю єдиного підходу та сумісних засобів для збору технологічної інформації у минулому.

Підвищення енергоефективності забезпечується зменшенням енергоємності виробництва одиниці продукції, робіт та послуг внаслідок впровадження сучасних енергоефективних технологій, оптимізацією структури споживання паливно-енергетичних ресурсів. Однак, для вирішення цих завдань на рівні окремого підприємства, а тим більше, на регіональному рівні необхідне забезпечення якнайбільш повної та вичерпної інформації по сотнях і тисячах параметрів у режимі реального часу. Така інформація дозволить реалізувати заходи із енергозбереження, енергоаудиту та впровадження енергетичного менеджменту на різних рівнях управління, дозволить розгорнути комплексну систему з забезпечення енергоефективності [1].

Запропоновано створення багаторівневої системи управління енергоефективністю технологічних процесів (БСУЕТП), ключовим елементом якої є розробка базових компонентів інтегрованих засобів збору та попередньої обробки великих масивів технологічної інформації.[2, 3]. Сучасні підприємства вже оснащені засобами збору технологічної інформації, а підбір та інтеграція таких систем здійснюється на етапі проектування підприємства. Однак, складніша ситуація існує на підприємствах які функціонують вже декілька десятиліть. На таких підприємствах, а особливо підприємствах малого та середнього бізнесу, не планувалося розгортання систем збору інформації внаслідок великої їх вартості у минулому. Окрім того, на діючих підприємствах важко розгорнути класичну систему збору і передачі даних на основі провідних мереж, що обумовлене утрудненістю їх розводки та прокладання в умовах діючого виробництва. Аналіз типових виробничих технологічних процесів в умовах діючого виробництва дозволяє сформулювати ряд особливостей, на які необхідно опиратися при створенні систем збору і передачі даних: а) для моніторингу параметрів технологічного процесу бажано застосовувати безпровідні технології для забезпечення оперативності та простоти розгортання; б) оскільки кількість точок вимірювання параметрів може змінюватися, необхідно враховувати можливість масштабування системи; в) апаратна частина каналу передачі даних повинна максимально базуватися на основі спеціалізованих мікроконтролерів для забезпечення простоти та низької вартості.

У такому випадку, розгортання системи збору технологічної інформації подібне до створення комп'ютерної мережі, у якій окремими безпровідними хостами будуть, по-перше, технологічні комп'ютери для накопичення і відображення даних про технологічний процес, і по-друге, мікроконтролерні пристрої, що забезпечать оцифрування інформації з датчиків параметрів технологічного процесу та попередню обробку типу фільтрування, усереднення, контролю допусків тощо.

Вирішення цього завдання спрощується розробкою в останні роки спеціалізованих мікроконтролерів з вбудованим засобами підтримки стандарту IEEE 802.11 та стеку протоколів TCP/IP, наприклад, NL6621 фірми Nufont, RTL8710 фірми Realtek, ESP8266 фірми Espressif.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Medykovskyi M.O., Tsmots I.G., Tsmbal Y.Y. Information analytical system for energy efficiency management at enterprises in the city of Lviv (Ukraine). Actual Problems of Economics. №1(175) 2016. Pp. 379-384.
2. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління: монографія. / М.О. Медиковський, Р.О. Ткаченко, І.Г. Цмоць, Ю.В. Цимбал, А.В. Дорошенко, О.В. Скорохода. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 315 с
3. Грицик В.В., Опотяк Ю.В., Цмоць І.Г. Інтегрований підхід до розробки високоефективних апаратних засобів інформаційних технологій обробки сигналів реального часу // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (47). – Дніпропетровськ, 2006. - с.84-95.

*Доповідь підготовлена за результатами НДР «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».*

## ОГЛЯД LMS ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ “INFORMATICS”

**Черкаско Р.С.**

*Харківський національний університет радіоелектроніки  
Харківська обл. м. Дергачі вул. Петровського 25  
cherkasko.roman@gmail.com*

Розвиток сучасного суспільства визначається швидким старінням знань, тому зростають потреби в їх оновленні. За статистикою близько 50% професійних навичок набуваються фахівцями після здобуття вищої освіти, тому вони змушені постійно удосконалювати та поглиблювати свої знання.

Сучасні Інформаційні технології дозволяють вирішити цю проблему шляхом використання дистанційного навчання (ДН). Але, для забезпечення навчального процесу цього виду навчання на належному рівні необхідне масштабне застосування потужних систем, що спроможні надати віддалений (дистанційний) доступ до ресурсів навчального змісту, таких як електронні підручники, віртуальні центри знань, електронні бібліотеки, курси дистанційного навчання тощо.

Розглянувши існуючі системи керування навчанням (Learning Management System (LMS)), можна виділити наступні: Moodle, Прометей, Віртуальний Університет, та всі вони мають вагомий недолік, а саме потребують потужного серверу для роботи системи чи придбання ліцензії на використання.

Поміж завдань, пов'язаних з використанням LMS, особливу значимість набувають web-системи адаптивного навчання, що адаптуються до знань і здібностей студента, адже такі системи мають багато переваг: сприяють розвитку у студентів продуктивних творчих функцій мислення, дозволяють зменшити непродуктивні витрати праці викладача, стимулюють навчання самих студентів що змінює роль викладача, зводять на новий рівень операції контролю і оцінки результатів навчання.

Отже, розробка LMS має великі перспективи і надає зручну та потужну альтернативу традиційному процесу навчання, саме через це було прийнято рішення створити власну безкоштовну та легку в застосуванні систему ДН, яка буде задовольняти всі необхідні функції для успішного навчання.

Основною метою роботи є створення веб застосунку “Informatics” для управління процесом ДН. Застосунок повинен передбачати декілька рівнів доступу, а саме: студент, викладач, адміністратор та повністю задовольняти необхідний функціонал для цих користувачів, передбачати зручний інтерфейс для взаємодії з системою.

Загальний опис розробленої системи: студент реєструється в системі та має можливість вивчати будь який доступний курс, переглянути інформацію про власну успішність, надати інформацію про себе за бажанням. В свою чергу викладач має можливість організувати все необхідне для зручного вивчення курсу студентами та мати можливість оцінити рішення, які надає той чи інший студент. Адміністратор має виконувати організаційну роботу та управління системою, відстежувати існуючу інформацію в системі та мати можливість редагувати при необхідності.

Під час проектування системи було побудовано різні UML діаграми. Діаграма варіантів використання для ролі “студент” наведена на рисунку 1.

Застосунок було реалізовано за допомогою мови програмування JAVA. Розробка була поділена на проміжки часу – спринти. Спринт – короткий проміжок часу, за який реалізується певний набір задач. Після кожного спринта проводилося тестування і оцінка реалізованих функцій проекту. Розроблений веб-застосунок значно розширить можливості щодо отримання необхідних знань у прийнятному режимі, що є надважливим для людей, які прагнуть покращити чи здобути нові знання у дорослому віці.



Рис.1 – Діаграма варіантів використання з точки зору ролі “студент”

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕФЕКТОВ

Шарко А.А.

Херсонский национальный технический университет, Факультет кибернетики,  
г. Херсон, Бериславское шоссе 24,  
sharko-8@mail.ru

**Введение.** Метод акустической эмиссии (АЭ) находит применение не только для исследования кинетики роста трещин, но и для определения момента их возникновения. Именно в это время наблюдается интенсивная акустическая эмиссия. Однако внедрение метода АЭ в практику диагностирования промышленных объектов сопряжено с низкой воспроизводимостью результатов и невозможностью обнаружения неподвижных дефектов. К нерешённым частям общей проблемы относятся разработка методов идентификации источников и информативных параметров сигналов АЭ.

**Основные результаты.** Импульсы АЭ характеризуется амплитудой, длительностью, формой, частотным спектром и временем проявления.

Амплитудное распределение импульсов АЭ  $n(A)$  функция, указывающая количество импульсов с амплитудой от  $A$  до  $A + dA$ . Она определяет общее число зарегистрированных импульсов  $N_{\Sigma}$  за время наблюдения

$$N_{\Sigma} = \int_0^{\infty} n(A)dA$$

С амплитудным распределением связана функция плотности вероятности  $w(A)$ . Она определяет вероятность того, что амплитуда  $A'$  находится в заданном интервале

$$P\{A < A' < A + dA\} = w(A)dA$$

Плотность вероятности удовлетворяет условию нормировки

$$\int_0^{\infty} w(A)dA = 1$$

Плотность вероятности  $w(A)$  и амплитудное распределение импульсов  $n(A)$  связаны между собой:

$$w(A) = \frac{n(A)}{N_{\Sigma}}$$

Накопление сведений о развивающихся дефектах содержится и в информации о распределении временных интервалов между отдельными импульсами. При взаимной независимости элементарных событий, приводящих к АЭ, и одинаковой вероятности протекания событий, поток АЭ сигналов описывается законом Пуассона, согласно которому вероятность регистрации импульсов  $N$  за время  $t$  определяется соотношением

$$P(N, t) = \left\{ \frac{(vt)^N}{N!} \right\} \exp\{-vt\}$$

где  $v$  – интенсивность потока, т.е. среднее число импульсов АЭ в единицу времени.

Если интенсивность потока  $v(t)$  изменяется со временем, то вероятность зарегистрировать  $N$  импульсов за время  $t$  можно рассчитать по формуле

$$P(N, t) = \left[ \frac{\left( \int_0^t v(t) dt \right)^N}{N!} \right] \exp\left\{ - \int_0^t v(t) dt \right\}$$

Динамику физических процессов, сопровождающих излучение АЭ, отражает амплитудно-временное распределение АЭ  $n(A, t)$ , т.е. функция, указывающая количество импульсов АЭ  $dN$ , зарегистрированных в промежутке времени от  $t$  до  $t + dt$ , амплитуда которых заключена в интервале от  $A$  до  $A + dA$ :

$$dN = n(A, t) dA dt$$

Если полное время регистрации АЭ находится в интервале от 0 до  $T$ , то

$$n(A) = \int_0^T n(A, t) dt$$

$$N_{\Sigma} = \int_0^T \int_0^{\infty} n(A, t) dt dA$$

Анализ амплитудного распределения и его изменений со временем позволяет проследить развитие физических процессов, являющихся источником АЭ-сигнала.

Если регистрация АЭ проводится преобразователем с узкой полосой пропускания, который, как правило, обладает более высокой чувствительностью по сравнению с широкополосным, то частота АЭ-сигнала определяется основной частотой преобразователя. После усиления и детектирования импульса определяется его огибающая, максимальное значение которой принимается за амплитуду АЭ-сигнала.

Оптимизация параметров степени обработки информации производится в направлениях: оптимальной частотной фильтрации помех и оптимальной пространственной фильтрации.

При практической реализации метода АЭ наиболее информативными являются амплитуда, амплитудное распределение и амплитудно-временное распределение.

**Выводы.** При оценке информативности диагностических параметров АЭ контроля важное значение имеет реакция на изменение структуры параметра материала контролируемого изделия, т.е. чувствительность, определяемая как отношение относительных изменений диагностических и структурных параметров. Чем больше реагирует на изменение структурного параметра диагностический параметр, тем выше чувствительность метода и тем на более ранней стадии можно определить неисправность.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Марасанов В.В. Информативные параметры и схемы акустико-эмиссионного контроля // В.В. Марасанов, А.А. Шарко, В.В. Коберский, А.В. Шарко / Проблемы информационных технологий. 2016. – №01(019). – С.182-191.
2. Marasanov V., Sharko A. Mathematical Models for Interrelation of Characteristics of the Developing Defects with Parameters of Acoustic Emission Signals // International Frontier Science Letters Switzerland. – 2016. – V.10 – P.37-44.
3. Marasanov V., Sharko A. Energy spectrum of acoustic emission signals in complex media // Nano-Electron Phys. – 2016. – Vol.9 – No-2.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**<sup>1</sup>Шарко М.В., <sup>2</sup>Шарко А.В., <sup>3</sup>Гусарина Н.В.**

1. Херсонский национальный технический университет, Факультет экономики  
Бериславское ш., 24, г. Херсон, 73008, E-mail: sharko-8@mail.ru
2. Херсонская государственная морская академия, Факультет судовой энергетики  
Бериславское ш., 24, г. Херсон, 73008, E-mail: sharko\_artem@ukr.net
3. Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Факультет экономики моря  
54000, Николаев, Проспект героев Украины, 9, E-mail: gusarina@ukr.net

**Введение.** Трудности решения задач управления экономическими системами в условиях неопределенности влияния внешней среды и риска обуславливаются как большой размерностью управляющих воздействий, так и размерностью системы ограничений. Стратегическое управление в условиях неопределенности представляется как интерактивное решение задач многоцелевой оптимизации, в которых общая цель принятия решений состоит в разработке формальных математических моделей и алгоритмов, обеспечивающих переход от принятия субъективно эффективных к объективно оптимальным решениям.

Постановка задачи. Главным определяющим фактором анализа проблемной ситуации является установление причин ее возникновения. При выявлении проблемы и путей ее решения следует учитывать расширение проблематики и выявление других сопутствующих проблем, без учета которых она не может быть решена.

**Предлагаемый подход.** Разнообразие физической природы подсистем, входящих в сложную систему управления и решаемых задач приводят к необходимости их изучения на различных уровнях абстрактного описания: лингвистическом, эвристическом, информационном и математическом.

**Основной материал.** Информационная составляющая управления иерархическими экономическими системами выделяет:

- наличие приоритетов в принятии решений между уровнями иерархии;
- расположение и ранжирование управляемых подсистем в соотношении с приоритетами принимаемых решений;
- координацию взаимодействий;
- формирование параметров моделей управления;
- выбор наиболее перспективных видов управления с учетом современных условий хозяйствования и ограничений на производственные ресурсы.

Математическое описание управления связано с формализацией основных решаемых задач и выбором оптимального варианта [1].

Обозначим общее число подсистем управления через  $M$ , через  $U$  множество вариантов синтеза производственных и организационных подсистем, через  $V^n$  – множество альтернатив управления, через  $N^n$  – множество вариантов технической реализации. Тогда информационный потенциал производственной системы запишется в виде уравнений:

$$V^n = \{v_j^n\} = \prod_{i=1}^M U_j \quad U_j = \{U_{j(i)}\}; \quad I_j = \overline{1, S}; \quad N^n = \prod_{i=1}^M S_i$$

где  $i$  – число подсистем управления  $i = \overline{1, M}$ ;

$j$  – число возможных типов элементов,  $j = \overline{1, N^n}$ ;

$n$  – число вариантов;

$I$  – число возможных элементов в вариантах реализации системы управления;

$S$  – состояние работоспособности элементов системы.

Аналитическое описание этих величин производится на формально-логическом уровне и является основой для реализации временного итерационного уточнения допусков на ресурсы и влияния внешней среды.

Обозначим через  $p(v)$  показатель надежности выбранного варианта системы  $v \in V^n$ , тогда  $0 \leq p(v) \leq 1$ . Техничко-экономические характеристики такого варианта обозначим через  $g_i(v)$ ,  $g_i(v) \geq 0$ . Количественные значения этих характеристик в общем спектре решаемых задач определяются возможностями и ресурсами [2]. Имеющийся уровень ресурса выбранного варианта управления для  $i$ -ой характеристики системы обозначим через  $g_i^*$ . Данный параметр характеризуется своими минимально возможными и максимально допустимыми значениями, что отображается индексами  $i = \overline{1, n}$ ,  $n \leq N$  для верхнего уровня и  $i = \overline{n+1, N}$  для нижнего уровня.

С учетом введенных обозначений максимально возможный ресурс, который можно выделить на эти подсистемы управления из общего объема ресурсов может быть выражен в виде следующей системы уравнений и неравенств:

$$\begin{aligned} p(v) &\rightarrow \max; \\ g_i(v) &\leq g_i^*, i = \overline{1, n}; & g_i(v) &\leq g_i^*, i = \overline{n+1, N}; \\ v &= (v_1, \dots, v_j, \dots, v_M) \in V^n = \prod_{j=1}^M U_j \end{aligned}$$

Здесь  $p, g_i$  функции дискретного аргумента.

Мультипликативной функцией надежности обладают так называемые последовательные системы, т.е. такие системы, в которых отказ в любой подсистеме  $k$  приводят к отказу всей системы в целом [2]. При этом частные отказы не влияют друг на друга. В этом случае:

$$p(v) = \prod_{j=1}^M p_j(v_j)$$

Это означает, что для обеспечения надежности функционирования производственных экономических систем необходимо выбрать альтернативу управления  $v_j^n \in V^n$  таким образом, чтобы обеспечить успешное решение всех задач, поставленных перед системой с вероятностями безотказной работы не меньшими заданных уровней  $p_k^*, k = \overline{1, n}$ .

С учетом обеспечения показателей надежности общая математическая модель моделирования динамических процессов управления экономическим развитием предприятий преобразуется следующим образом:

$$\begin{aligned} p(v) &= \prod_{j=1}^M p_j(v_{j(I_j)}) \rightarrow \max; \\ p_k(v) &= \prod_{j \in L_k} p_j(v_{j(I_j)}) \geq p_k^*, k = \overline{1, r}; \\ g_i(v) &= \prod_{j=1}^M g_{i_j}(v_{j(I_j)}) \leq g_i^*, i = \overline{1, n}; \\ v &= (v_1, \dots, v_j, \dots, v_M) \in V^n = \prod_{j=1}^M U_j \end{aligned}$$

где  $L_k$  – общее подмножество статистических отказов подсистемы.

**Выводы.** Использование математического инструментария моделирования сложных экономических систем дает возможность найти неизвестные ранее характеристики сложных систем, их структуру, динамику развития, устойчивость целостность, и обеспечить прогнозирование последствий принятия управленческих решений.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Sharko M., Burenko J., Gusarina N. Modeling of the management of the information potential of complex economic systems under conditions of risk // Technology audit and production reserves. – 2017. – Vol. 2/4(34).– P.14-19.
2. Волошин А.Ф., Кудин В.И. Последовательный анализ вариантов в задачах исследования и проектирования сложных систем: монография / А.Ф. Волошин, В.И. Кудин К: «Киевский университет», 2015.–351с.

ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ

Яковлева А.П., Данилов В.Я., Курдуп І.О.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
Інститут прикладного системного аналізу,  
кафедра математичних методів системного аналізу  
Україна, 03056 Київ, Пр. Перемоги 37 корп. 35 каб.209  
Email: aliakovleva@ukr.net, kurdup@mail.ru

**Вступ.** Посилена вирубка лісу спричиняє погіршення фізико-механічних властивостей ґрунтів на похилих ділянках землі, що призводить до підвищення ризику виникнення таких екологічних лих як обвали та зсуви. Ті декілька років, поки коренева система нових дерев не розвинеться, необхідно штучно стримувати зсуви. Одним з найпоширеніших способів на сьогодні є використання свайних загороджень. Тому, дослідивши механічні властивості ґрунту та підстилаючого материкового шару, а також маючи їх матриці висот, можна розбити кадастрову ділянку на невеликі дискретні елементи - призми. На кожному з них розраховується рівнодіюча сила, як різниця зсувних сил та сил опору, а також керуючого впливу встановлених свай під даним елементом. Створена таким чином адитивна функція сили зсуву на всій ділянці є функціоналом для оптимізації за допомогою динамічного програмування Беллмана[1].

**Постановка задачі.** Нехай маємо ділянку з характерними схилами та фізико-механічними характеристиками  $(\gamma, \varphi, C)$ , де  $\gamma$  - об'ємна вага ґрунту,  $\varphi$  - кут внутрішнього тертя,  $C$  - коефіцієнт зчеплення ґрунтів.  $h_i^v$  - вертикальна потужність затопленого тіла схилу. Маємо певну обмежену кількість свай  $N$ , які ми можемо встановити на нижній межі будь-якої призми, проте завжди так, щоб вони були розміщені по всій її ширині. Фізико-механічні характеристики підстилаючого материкового ґрунту вважаємо такими, що він є незмішеним. Необхідно встановити свай на ділянці так, щоб максимізувати стійкість ділянки до зсуву.

**Побудова функціоналу.** Вертикальними лініями розіб'ємо схил на призмочки так, щоб на кожній призмі  $i$  кут нахилу материкового ґрунту  $\beta_i$  був приблизно однаковий.

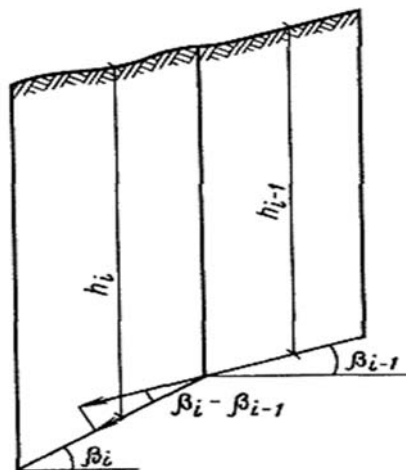


Рисунок 1. Розбиття схилу на призмочки

Тоді на кожну призму  $i$  діє результуюча сила  $T_i'$ , що складається з протидіючих сил зсуву і сил стримування та описується наступним чином[2]:

$$T_i' = P_i(\sin\beta_i - \cos\beta_i tg\varphi) + P_i^{ph}[\cos\beta_i - \alpha_i - \sin(\beta_i - \alpha_i)tg\varphi] + P_i^v \cos\beta_i tg\varphi - CS + T_{i-1}[\cos\beta_{i-1} - \beta_i) - \sin(\beta_{i-1} - \beta_i)tg\varphi] \quad (1)$$

Тут  $P_i = h_i \gamma S$  - вага призми,  $P_i^v = h_i^v \gamma_{water} S(1 - n')$  - взважуюча вага води, де  $h_i^v$  - вертикальна потужність затопленого тіла зсуву,  $n'$  - об'єм пустот в одиниці об'єму ґрунтової маси,  $\gamma_{water}$  - об'ємна

вага води,  $P_i^{ph} = h_i^v \gamma_{water} Stg\alpha_i$  - фільтраційна вага,  $\alpha_i$  - кут нахилу депресійної поверхні в центрі основ призми, який визначається з виразу  $ctg\alpha = ctg\beta - \frac{2C}{\gamma h(\sin^2\beta - 0.5\sin 2\beta tg\varphi)}$ .

При встановленні свай існує обмеження на їх кількість. Щоб ґрунт не просочувався між ними, відстань між сусідніми сваями  $l_i$  на кожній окремій призмі  $i$  не має перевищувати граничного значення  $l_i^{\max}$ . Тобто, якщо  $G_i$  - ширина призми  $i$ , то мінімальна кількість свай на ній  $n_i^{\min} = G_i / l_i^{\max}$ . Ця гранична відстань описується формулою:

$$l_i^{\max} = 2htg\frac{\theta}{2}tg\varphi + \frac{2ch}{\Delta T_i \cos\frac{\theta}{2}} + \frac{d}{2} \cos\frac{\theta}{2} \quad (2)$$

де  $\angle\theta = 90^\circ - \varphi$ ,  $h$  - заглиблення свай в материковий ґрунт,  $\Delta T_i$  - зсувна сила на одиницю площі  $S_i$  зони  $ABCD$

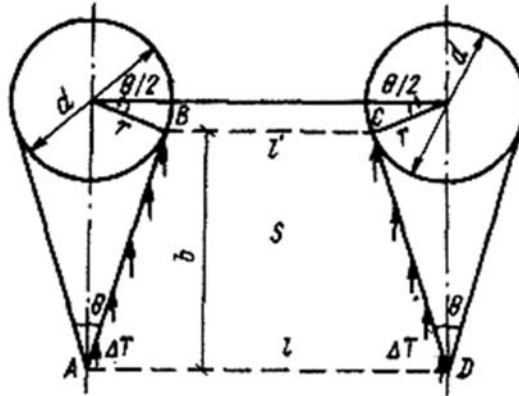


Рисунок 2. Зона напруження  $ABCD$  між сусідніми сваями.

Площа зони  $ABCD$  визначається за формулою:

$$S_i = 0.5(2l_i - d) \frac{d(1 - \sin^2\frac{\theta}{2})}{2 \sin\frac{\theta}{2}} \quad (3)$$

Тоді в кожній такій зоні формуються сили опору зсуву, що описуються формулою:

$$T_i^{onp} = (\Delta T_i \sin\frac{\theta}{2}tg\varphi + C) d ctg\frac{\theta}{2} h \quad (4)$$

Тому, якщо на призмі встановлено  $n$  свай, то їх загальний опір:

$$U_i = (n_i - 1) T_i^{onp} \quad (5)$$

Цю величину ми й приймемо за керування. Таким чином, після встановлення свай, враховуючи (1) та (5) результуюча сила на схилі набуває вигляду:

$$T(U) = \sum_i (T_i' - U_i) = \sum_i T_i \quad (6)$$

Отже, маємо постановку задачі оптимізації:

Функціонал  $T(U)$  необхідно мінімізувати, варіюючи керування  $U_i$  при обмеженнях на  $n_i$ :

Якщо на призмі  $i$  свай встановлюються, то їх кількість повинна бути в межах  $n_i \in [n_i^{\min}, N]$  (2)

**Загальний алгоритм розв'язку задачі за допомогою динамічного програмування[3].**

Нехай на схилі ми виділили  $j$  призми. Тоді:

Етап 1. Планування нижньої призми  $j$ .



На призмі  $j-1$  можна було встановити 0 свай, або ж кількість з відрізка  $n_{j-1} \in [n_{j-1}^{\min}, N]$ . Для кожного з цих рішень знаходимо оптимальне керування на нашому кроці, перебираючи варіанти з вибірки допустимих значень  $n_j \in [n_j^{\min}, N]$  та так, щоб їх кількість на обох призмах не перевищувала  $N$ . Для кожної  $n_{j-1}$  фіксуємо таке значення  $n_j$ , щоб  $T$  (6) для цих двох призм був оптимальним.

Етапи  $2, \dots, j-1$ . Планування призм  $j-1, \dots, 2$  - аналогічно першому етапу.

Етап  $j$ . Планування призми 1.

На цьому етапі ми ще не встановлювали свай взагалі, маємо недоторканий схил. Враховуючи, що всі наступні призми вже сплановані, ми встановлюємо свай так, щоб загальний  $T(U)$  був оптимальним.

При розв'язанні задачі ми використовували ряд параметрів, які вважали фіксованими. Загальна кількість свай та їх розміри задаються умовами задачі, проте потужність затопленого тіла зсуву  $h_i^v$  та об'єм порожнеч в ґрунтовій масі  $n'$  – величини дуже непостійні, але мають великий вплив на результат. Тому, в програмній реалізації, користувач вводить не лише фіксовані значення для них, але й певну дисперсію, щоб дослідити можливі майбутні короговки рішення.

**Висновок.** У роботі було досліджено проблему попередження зсувів на кадастрових ділянках, сформульовано математичну постановку задачі та побудовано функціонал та розглянуто особливості застосування динамічного програмування Беллмана. Як результат було створено програмну реалізацію розв'язку задачі для її дослідження за різних вхідних даних.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Беллман, Річард. Динамічне програмування - М.: Вид-во Иностранная литература, 1960 г.- 400 с.
2. Метелюк Н. Посібник по проектуванню і влаштуванню заглиблених інженерних споруд – М.: Стройиздат, 1986. – 182 с.
3. Таха Х. А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – М., 2005. – 912с.

### ЗНАХОДЖЕННЯ ВІДРІЗКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ, ЯКИЙ СПОЛУЧАЄ СТОРОНИ КУТА І ПРОХОДИТЬ ЧЕРЕЗ ТОЧКУ ВСЕРЕДИНИ НЬОГО ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Яковлева А.П., Коваленко Д.Ю.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
Інститут прикладного системного аналізу  
кафедра математичних методів системного аналізу  
Україна, 03056 Київ, Пр. Перемоги 37 корп. 35 каб.209  
e-mail: aliakovleva@ukr.net, denskval@gmail.com

**Вступ.** Важливим фактором для формування стратегії будівництва є прагнення зменшити витрати на матеріали. Завдяки оптимальній стратегії дій заощаджуються кошти підприємства (власника), час на будівництво та зменшуються ризики виникнення непередбачуваних ситуацій.

Розглянемо задачу знаходження найкоротшого шляху між сторонами одного кута, який проходить через задану точку в цьому куті. Дана модифікація задачі є актуальною, оскільки різні моделі її вирішення (розв'язку) можуть використовуватися для мінімізації ресурсів у різних сферах виробництва та життєдіяльності людини[1].

**Завдання.** Побудувати найкоротший міст через лиман: від міста до коси, на якій розташована зона відпочинку.

Дана модель була реалізована в селі Сергіївка Одеської області, коли виникла необхідність побудувати міст через Будацький (Шаболатський) лиман для зручного проїзду відпочиваючих і доставки товарів першої необхідності на косу, на якій знаходилась курортна зона.

У якості заданої точки в середині кута для такої задачі є мілина, яка знаходиться між косою та береговою лінією.

#### Постановка задачі.

Як провести лінію через точку А, всередині кута а, щоб довжина відрізка цієї лінії всередині кута була найменша?

**Математична модель №1.** Виберемо систему координат так щоб кут знаходився в початку координат, одна з прямих проходила по вісі OX інша була відхилена в додатному напрямі від першої на заданий кут  $\alpha$  а задана точка A в середині кута має координати  $(x_a; y_a)$ .

Дано:  $\angle COB = \alpha$ ; A  $(x_a; y_a)$ ;

Знайти: Точку B, так щоб  $|BC| \rightarrow \min$

1) Зафіксуємо точку B на осі OX:

т. B  $(x_b; 0)$ ,  $x_b > 0$

2) Запишемо рівняння прямої AB:

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{x - x_a}{x_b - x_a} = \frac{y - y_a}{0 - y_a}$$

$$AB: y = \frac{-y_a}{x_b - x_a} * x + \frac{x_b * y_a}{x_b - x_a}$$

3) Знайдемо координати точки C, як перетин прямих AB і DC:

$$DC: y = tg\alpha * x; \quad AB: y = \frac{-y_a}{x_b - x_a} * x + \frac{x_b * y_a}{x_b - x_a}$$

$$x * \left( tg\alpha + \frac{y_a}{x_b - x_a} \right) = \frac{x_b * y_a}{x_b - x_a}, \text{ маємо, що т. C}$$

$$\left( \frac{x_b * y_a}{y_a + tg\alpha(x_b - x_a)}, \frac{tg\alpha * x_b * y_a}{y_a + tg\alpha(x_b - x_a)} \right)$$

4) Запишемо  $|BC|$ , яка і є нашою шуканою функцією для мінімізації:

$$|BC| = \sqrt{\left( \frac{x_b * y_a}{y_a + tg\alpha(x_b - x_a)} - x_b \right)^2 + \left( \frac{tg\alpha * x_b * y_a}{y_a + tg\alpha(x_b - x_a)} \right)^2} = \frac{x_b * tg\alpha}{y_a + tg\alpha(x_b - x_a)} * \sqrt{(x_b - x_a)^2 + y_a^2}$$

Аналітичний розв'язок даної задачі виявився доволі громістким. Тому процес мінімізації знайденої функції був запрограмований в середовищі PyCharm 2017 на мові програмування Python. Для процесу мінімізації був запрограмований метод градієнтного спуску[2].

Дана функція доволі специфічна, логічно, що вона має не одну, а дві точки екстремуму (це слідує з геометричних міркувань). Якщо початкова точка мінімізації буде задана більшою за деяке число C, яке буде далі знайдено, програма знайде дійсну точку мінімуму, а якщо меншою, то програма знайде точкою мінімуму точку  $x=0$ . За умовою задачі нам потрібно провести пряму через задану точку A і пряму OX так, щоб довжина цієї прямої була мінімальна, тож логічно, що пряма, яка проходить через початок координат і точку A, повністю задовольняє наші умови, але це не та пряма, яку ми шукаємо.

У цьому можна переконатися на графіку, який був побудований при  $A=(1;1)$ ; кут дорівнює  $90^\circ$  (Рис.1).

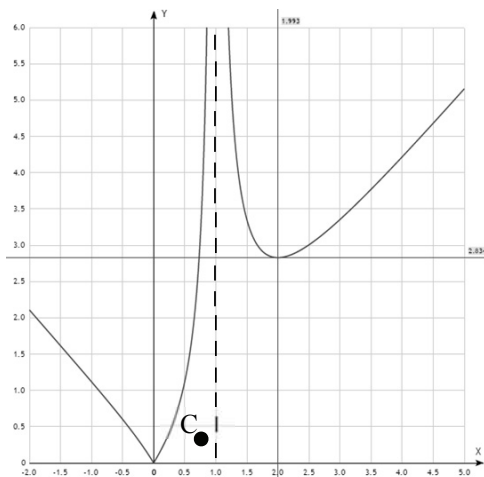
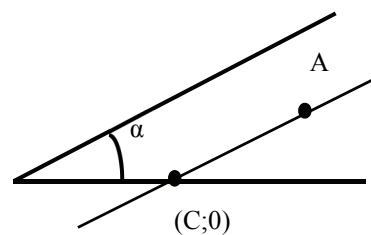
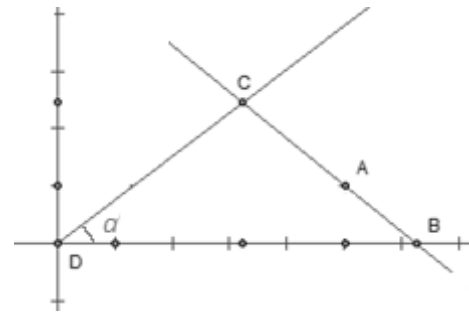
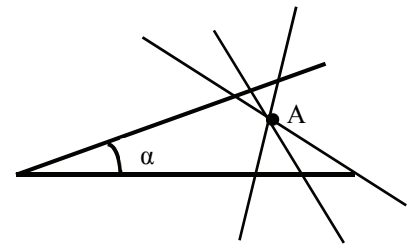


Рис.1 Графік першої моделі

З графіку також видно, що дана функція має асимптоту (в наведеній реалізації пряма  $x=1$ ), ця асимптота і є графічним відображенням константи C, яку можна визначити по формулі:

$$C = x_a - \frac{y_a}{tg(\alpha)}$$



Геометрично константа  $C$  відображає таку точку на осі  $Ox$ , що якщо задати її як початкову для мінімізації програма зациклиться через те, що пряма яка проходить через точку  $(C;0)$  і точку  $A$  буде паралельною заданій (нахилений під кутом  $a$  до осі  $Ox$ )

**Математична модель №2.** Виберемо систему координат так щоб кут знаходився в початку координат, одна з прямих проходила по вісі  $Ox$  інша була відхилена в додатному напрямі від першої на заданий кут  $a$  а задана точка  $A$  в середині кута має координати  $(a; b)$ .

**Дано:**  $\angle COB = \alpha$ ;  $A(a; b)$ ;

**Знайти:** Точку  $C$ , так щоб  $|BC| \rightarrow \min$

1) Зафіксуємо точку  $C$  на прямій  $OC$ :

т. В  $(x_0; tga * x_0)$ ,  $x_0 > 0$

2) Запишемо рівняння прямої  $AB$ :

$$AB: y = \frac{b - x_0 * tga}{a - x_0} * (x - x_0) + x_0 * tga$$

3) Знайдемо координати точки  $B$ , як перетин прямих  $AB$  і вісі  $Ox$ :

$$x * (tga + \frac{y_a}{x_b - x_a}) = \frac{x_b * y_a}{x_b - x_a}, \text{ маємо, що т. В } (\frac{x_0 * (a-b)}{x_0 - b * ctga}; 0)$$

4) Запишемо  $|BC|$ , яка і є нашою шуканою функцією для мінімізації:

$$|BC| = \sqrt{(\frac{x_0 * (a-b)}{x_0 - b * ctga} - x_0)^2 + (tga * x_0)^2} = x_0 * \sqrt{(1 - \frac{(a-b)}{x_0 - b * ctga})^2 + (tga)^2} \rightarrow \min$$

Знайдена функція є схожою на попередню. Вона також має два локальних мінімуми, один з яких нуль, а інший шуканий, і асимптоту, яка також відображає паралельність шуканої і заданої прямих при відповідних початкових умовах, що видно з Рис.2

**Математична модель №3** Виберемо систему координат так щоб кут знаходився в початку координат, одна з прямих проходила по вісі  $Ox$  інша була відхилена в додатному напрямі від першої на заданий кут  $a$  а задана точка  $A$  в середині кута має координати  $(a; b)$ . Але в цьому випадку шукаем буде кут  $DVA$  позначемо його за  $\beta$ .

1) Запишемо рівняння прямої  $AB$ :

$$y = tg(180 - \beta) * x + d = -x * tg\beta + d$$

$$b = -a * tg\beta + d$$

$$d = a * tg\beta + b$$

$$AB: y = -tg(\beta) * x + a = tg(\beta) + b$$

2) Знайдемо координати точки  $C$ , як перетин прямих  $AB$  і  $DC$ :

$$AB: y = -tg(\beta) * x + a = tg(\beta) + b; \quad OC: y = x * tg(a)$$

$$\text{Маємо т. C } (\frac{b+a*tg\beta}{tga+tg\beta}; \frac{tga*(b+a*tg\beta)}{tga+tg\beta})$$

3) Знайдемо координати точки  $B$ , як перетин прямих  $AB$  і  $DB$ :

$$DB: y = 0; \quad AB: y = -tg(\beta) * x + a = tg(\beta) + b$$

$$\text{Маємо т. B } (\frac{b+a*tg\beta}{tg\beta}; 0)$$

4) Запишемо  $|BC|$ , яка і є нашою шуканою функцією для мінімізації

$$|BC| = \sqrt{(\frac{b+a*tg\beta}{tga+tg\beta} - \frac{b+a*tg\beta}{tg\beta})^2 + (\frac{tga*(b+a*tg\beta)}{tga+tg\beta})^2} = (b + a * tg\beta) * (\frac{tga}{tga+tg\beta}) \sqrt{1 + 1/(tg\beta)^2}$$

На Рис. 3 зображено графік шуканої 3 методом функції при заданих  $a=90^\circ$  і  $A=(1;1)$ .

**Висновки** В цій роботі було проаналізовано задачу мінімізації. В ході дослідження було розроблено 3 математичні моделі які з різних сторін по різному відтворюють дійсну постановку задачі.

Було запрограмовано сам процес мінімізації в середовищі Python з використанням методу градієнтного спуску. А – а

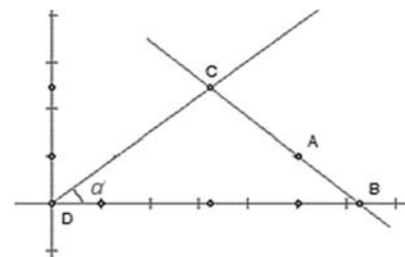
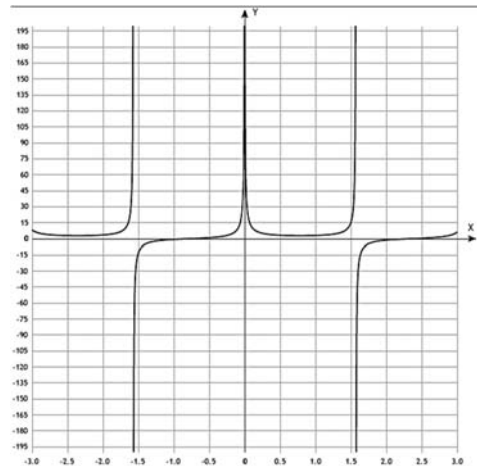


Рис.2 Графік другої моделі

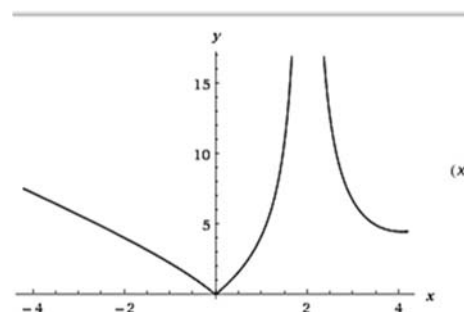


Рис.3 Графік третьої моделі

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Дослідження операцій в економіці. Підручник/ за ред. І.К. Федоренко, Д70 О.І. Черняк, – К.: Знання. 2007. – 558 с. (Вища освіта XXI століття) ISBN 966-346-217-5
2. Численные методы решения экстремальных задач Учебное пособие для вузов. Васильев Ф.П. 2-е изд., переработ. и доп. – М.: Наука, 1988. - 552 с. –ISBN 5-02-013796-0

**ПРИГНІЧЕННЯ КОРУПЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПУ МАКМИМУМУ  
ПОНТРЯГІНА**

**Яковлева А.П., Круть В.М., Новиков В.Р.**

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
Інститут прикладного системного аналізу,  
кафедра математичних методів системного аналізу  
Україна, 03056 Київ, Пр. Перемоги 37 корп. 35 каб.209  
Email: aliakovleva@ukr.net, klenik96@gmail.com, vlad.novikov@gmail.com*

Корупція є системною загрозою і однією з найсерйозніших перепон на шляху розвитку України. У всесвітньому рейтингу СРІ Україна минулого року посідає 131 місце зі 176 країн.

Тому подолання корупції – одне з основних завдань для розвитку нашої країни. Існує багато методів математичного моделювання та оптимізації для боротьби з корупцією, серед яких ігровий підхід, Парето оптимальні коаліційні стійкі стратегії, оптимальне керування, квантильні стратегії та інші. Розглянемо один із них.

Аналізується проблема прийняття рішення представниками чиновників в суспільстві, де корупційна поведінка принаймні частково доступна. Через  $u(t)$  позначається темп корупції чиновників. Оскільки розглядається час безперервної роботи, то темп корупції – інтенсивність, яка обмежена зверху  $M > 0$ . Далі припускається, що представники населення очікують деяку кількість корупції. Тому темп корупції, який очікується, позначимо через  $\mu$ . Оскільки розглядається проблема прийняття рішення для чиновників, фактичний темп корупції  $u$  – це керуюча змінна в нашій моделі, а очікуваний темп корупції – змінна стану.

Динаміка змінної стану регулюється за допомогою припущення, що очікуваний темп корупції завжди пристосовується до фактичного темпу корупції з деякою константою швидкості  $\beta > 0$ . Наступне рівняння стану – це стандартне представлення виду адаптації очікувань:

$$\dot{x} = \beta(u - x) \quad (1)$$

Тут і надалі, часові аргументи опущені і в подальшому без обмежень загальності припускається  $M = 1$ . Початковий стан суспільства вважається заданим:

$$x(0) = x_0 \in [0,1] \quad (2)$$

Чиновники стикаються з проблемою максимізації свого прибутку, своєї корисності. Корисність в кожен період - це різниця між прибутком від залучення в корупцію з інтенсивністю  $u$ ,  $U(u)$ , і вартістю корупційної угоди. Корупційний агент втрачає репутацію: чим більш корумпованим він є, тим меншим є очікуваний темп корупції. Це припущення мотивоване тим фактом, що високий рівень очікуваної корупції в цілому призводить до високого рівня прийнятої корупції. Якщо громадянин країни з маленькою корупцією подорожує до країни відомої своїми корумпованими чиновниками, оцінка деякого чиновника, який є корумпований, буде значно меншою у порівнянні з ситуацією у своїй власній країні. Шкідливість внаслідок втрати репутації позначається через  $x(1 - u)C$ , де  $C$  – позитивна константа. Динаміка проблеми прийняття рішень може бути записана в наступному вигляді:

$$\max J = \int_0^{\infty} e^{-rt} [U(u) - Cu(1 - x)] dt \quad (3)$$

разом з (1), (2) і контрольним обмеженням:

$$0 \leq u(t) \leq 1 \quad \forall t \in [0, \infty).$$

Тут припускається, що нескінченність часового горизонту і позитивна константа знецінюють темп  $r$ . Функція корисності підпорядковується звичайному припущенню:  $U(0) = 0$ ,  $U'(u) > 0$ ,  $U''(u) \leq 0$ . Наше завдання зараз розв'язати цю автономну альтернативну проблему управління з нескінченним часом, де  $u$  – керуюча змінна і  $x$  – змінна стану. У всій цій статті розглядається набір кусково-неперервних функцій  $u(t)$  як допустима множина управління.

Спочатку розглядається випадок, коли функція накопичення корупції лінійна, тобто  $U(u) = \alpha u$ . Тоді функція Гамільтона матиме наступний вигляд:

$$H(x, \lambda, u) = \alpha u - u(1 - x)C + \lambda \beta(u - x) \quad (4)$$

де  $\lambda$  – спряжена змінна [1]. Таким чином оптимальне керування  $u^*(x, \lambda)$  має наступний вигляд:

$$u^*(x, \lambda) = \begin{cases} 0, & \alpha < (1-x)C - \lambda\beta \\ [0, 1], & \alpha = (1-x)C - \lambda\beta \\ 1, & \alpha > (1-x)C - \lambda\beta \end{cases} \quad (5)$$

Оптимальна траєкторія  $(x, \lambda)$  повинна задовольняти канонічну систему:

$$\dot{\lambda} = r\lambda - H_x(x, \lambda, u^*(x, \lambda)), \dot{x} = \beta(u^*(x, \lambda) - x) \quad (6)$$

Мішель [2] встановив наступний факт: будь який оптимальний шлях  $(x, \lambda)$  з  $x_0 \in (0, 1)$  повинен задовольняти трансверсальну систему:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-rt} \lambda(t) = 0 \quad (7)$$

В нашому аналізі розглянуто три різні ситуації. Перша: розглядаємо випадок, де маржинальна корисність корупції є більшою, ніж затрати на її виконання в умовах повного соціального визнання корупції (тобто  $\alpha > C$ ). Друга: коли  $\alpha = C$ . Та найбільш цікавий випадок – сценарій 3, в якому  $\alpha < C$ .

Існує теорема, яка узагальнює результати по всім ситуаціям:

Нехай функцій корисності  $U(u)$  лінійна. Якщо  $\alpha \geq \frac{rC}{r+\beta}$ , то оптимальний шлях збігається з корупційною рівновагою незважаючи на початкове значення  $x$ . Якщо  $\alpha < \frac{rC}{r+\beta}$ , то існує єдина точка  $\hat{x} = 1 - \frac{(r+\beta)\alpha}{rC} > 0$  така, що для  $x_0 \leq \hat{x}$  оптимальна траєкторія збігається з чесною рівновагою, в той час як для  $x_0 > \hat{x}$  оптимальний шлях збігається з корупційною рівновагою [3].

Тепер давайте спробуємо розтлумачити ці математичні результати розглядаючи різні параметри. Основний результат – це те, що чим більший  $\hat{x}$  тим менша нижня межа  $x$ , що призводить до збіжності з корупційною рівновагою. Цей вираз великий, якщо  $\alpha$  і  $\beta$  є великими, тобто є велика гранична корисність корупційної активності і населення адаптує свої переконання досить швидко до існуючих фактів, які означають, що шкідливість від втрати репутації буде швидко зменшуватись. З іншої сторони, якщо шкідливість від втрати репутації є великою порівняно з граничною корисністю корупції і адаптація відбувається повільно, лише великий спочатку очікуваний рівень призведе до збіжності між корупційною рівновагою. Таким чином, мале значення  $r$  корупційної активності окупились в довгостроковій перспективі, навіть якщо вона дає безпосередню шкідливість. Це означає, що чим менше  $r$ , тим більшою є множина початкових значень  $x$ , що призводять до збіжності з корупційною рівновагою, що звичайно відповідає математично отриманим результатам.

Припускається, що  $U(u)$  – увігнута зростаюча функція, тобто  $U' \geq 0, U'' < 0$ . В цьому випадку маємо наступне оптимальне керування:

$$u^*(x, \alpha) = \begin{cases} 0, & (1-x)C - \lambda\beta \geq U'(0), \\ (U')^{-1}((1-x)C - \lambda\beta), & U'(1) < (1-x)C - \lambda\beta < U'(0) \\ 1, & (1-x)C - \lambda\beta \leq U'(1). \end{cases} \quad (8)$$

Тоді корупційна рівновага матиме наступний вигляд:  $u = x = 1, \lambda = \tilde{\lambda} = \frac{C}{(r+\beta)}$ . Якщо  $U'(0) \leq C$ , то існує також чесна рівновага  $u = x = \lambda = 0$ . Знову ж таки дві рівноваги – це сідлові точки. Може існувати декілька рівноваг між ними, але кількість і також властивості рівноваг залежать від форми  $U(u)$ . Як приклад, розглядається випадок, коли функція корисності має вигляд:

$$U(u) = -\alpha e^{-u+1} \quad (9)$$

В цьому випадку функція Гамільтона матиме наступний вигляд:

$$H(x, \alpha, u) = -\alpha e^{-u+1} - Cu(1-x) + \lambda\beta(u-x) \quad (10)$$

А оптимальне керування буде рівне:

$$u^*(x, \alpha) = \begin{cases} 0, & x \leq 1 - \frac{\alpha+\lambda\beta}{C}, \\ 1 - \ln \frac{C(1-x)+\lambda\beta}{\alpha}, & 1 - \frac{\alpha+\lambda\beta}{C} < x < 1 - \frac{\alpha+2\lambda\beta}{2C} \\ 1, & x \geq 1 - \frac{\alpha+2\lambda\beta}{2C} \end{cases} \quad (11)$$

Легко побачити, що як і в лінійному випадку, завжди існує повна корупційна рівновага з  $u = x = 1$  і  $\lambda = \tilde{\lambda}$ . Для  $\alpha \leq C$  також є чесна рівновага з  $u = x = \lambda = 0$ . Також існує внутрішня рівновага, де оптимальне керування знаходиться в проміжку  $(0, 1)$ . Для обчислення цієї рівноваги записана канонічна система для цього випадку:

$$\dot{x} = \beta \left( 1 - \ln \frac{C(1-x)+\lambda\beta}{\alpha} - x \right), \quad (12)$$

$$\dot{\lambda} = (r + \beta)\lambda + C \ln \frac{C(1-x)+\lambda\beta}{\alpha} - C. \quad (13)$$

Прості обчислення показують, що рівновага цієї системи існує, якщо і тільки якщо  $\alpha \leq C$  і це виконується при  $u^* = x^*, \lambda^* = \frac{C}{r+\beta} x^*$  і

$$\ln\left(\frac{C + \frac{r}{r+\beta}x}{\alpha}\right) = 1 - x \quad (14)$$

$$\Rightarrow x = \frac{\frac{r}{r+\beta}W\left(\frac{e^{\frac{C(r+\beta)+1}{r}} - \alpha(r+\beta)}{r}\right) - C}{r} (r + \beta), \quad (15)$$

де  $W$  – функція Ламберта.

Оскільки всі коефіцієнти додатні та враховуючи те, що  $\frac{C}{\alpha} \geq 1$  і  $\frac{r}{r+\beta} \leq 1$ , то завжди існує розв’язок (14) і він лежить в проміжку  $[0, 1]$ . Переписавши (14) у вигляді  $\frac{C + \frac{r}{r+\beta}x}{\alpha} = e^{1-x}$ , розв’яжемо рівняння графічно, розглядаючи різні коефіцієнти:

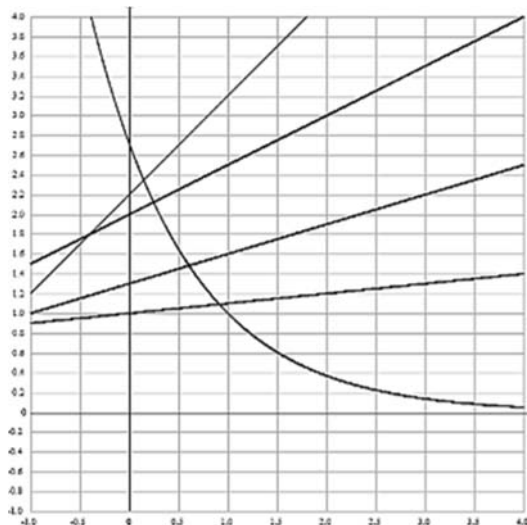


Рис.1 Графічний розв’язок рівняння при різних коефіцієнтах

Знову розглядаються три схожих сценарії. Для  $\alpha > C$  є лише одна корупційна рівновага, для  $\alpha = C$  існує корупційна і чесна рівноваги, які в цьому випадку збігаються з внутрішньою рівновагою і для  $\alpha < C$  є три рівноваги: корупційна, чесна і внутрішня, де очікуваний рівень корупції – це  $x^*$  і  $u^*(x^*, \lambda^*) = x^*$ . Як уже відомо з аналізу лінійного випадку, що дві рівноваги на границі завжди є сідловими точками і прості обчислення показують, що внутрішня рівновага завжди відхиляється.

Отже:

Нехай функція корисності має такий вигляд:  $U(u) = -ae^{-u+1}$ . Для  $\alpha \geq C$  будь який оптимальний шлях збігається з корупційною рівновагою. Для  $\alpha < C$  канонічна система має три рівноваги, де чесна і корупційна рівноваги – це сідлові точки і внутрішня рівновага, яка знаходиться між ними, є вироджений вузол. Будь який з оптимальних шляхів в кінці кінців наближається до однієї з двох рівноваг на границі.

Зазначимо, що лінійний випадок можна розглядати як границю збіжності моделей зі зменшенням ступеня увігнутості. Якщо увігнутість зменшується, то дві паралельні прямі, що обмежують області з внутрішнім оптимальним керуванням наближують одна одну і стикаються на границі (лінійний випадок).

#### Висновки:

В цій роботі було проаналізовано проблему корупції з використанням принципу максимуму Понтрягіна. В ході дослідження розглянуто два випадки функції накопичення корупції: лінійній та увігнутий. Для лінійної функції розв’язок знайдений у загальному вигляді, для увігнутої – на прикладі функції  $-ae^{-u+1}$ . В результаті розв’язку системи, що описує динаміку змінної стану, надано рекомендації щодо застосування даної моделі до розглянутої проблеми.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Feichtinger, G.; Hartl, R. F. (1986). *Optimale Kontrolle ökonomischer Prozesse. Anwendungen des Maximumprinzips in den Wirtschaftswissenschaften*. Berlin: de Gruyter.
2. Michel, P. (1982). On the transversality condition in infinite horizon optimal control problems, *Econometrica* 50: 975-985.
3. Dawid, H., Feichtinger, G. (1996). On the Persistence of Corruption. *Journal of economics*, vol. 64 (1996), No. 2, pp.177-193.

**СЕКЦІЯ „ТЕОРЕТИЧНІ І ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ  
СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ”**

**APPLICATION OF EVALUATION CRITERIA OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY  
INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON UKRAINE'S INLAND  
WATERWAYS**

**Doronin V.V., Aleynikov M.V., Aleynikov V. M.**

*Kyiv State Maritime Academy named after Hetman Petro Konashevich-Sahaydachniy,  
9, Frunze str., Kyiv, Ukraine, 04071,  
academy@maritime.kiev.ua., doronin\_vladimir@ukr.net*

The method of criteria selection for evaluating the functional stability of complex system, reflecting the effect of instrumental navigation method based on electronic-cartographic systems Inland ECDIS for inland waterways of Ukraine is herein proposed.

An effective mechanism for the waterborne crafts in modern conditions of decision-making system intellectualization is transfer on instrumental method of navigation and further improving traffic safety of the waterborne crafts on Ukraine's internal waterways. Application of the theory of functional stability in tool navigation method on Ukraine's internal waterways includes a set of logically connected both theoretical and technological bases to address new scientific challenges.

The operation of the ship's navigational equipment and shore infrastructure for Ukraine's internal waterways at instrumental navigation method can be attributed to the distributed hierarchical intellectualized control system of complex technical facility. The sustainability of such a method is based on analysis of a number of factors that are currently not taken into account in connection with the use of approximate models. It should be noted that the problem of defining functional sustainability of such a complex supporting system of navigation control method (SSNCM) on Ukraine's internal waterways remains open.

The latest research and publications analyzes is herein also made. The various options of sustainability concepts, like Lyapunov stability, probability stability, Lagrange stability etc. are considered. It should be noted that classical theory approaches to sustainability for modern systems based on active use of artificial intelligence methods often do not meet the requirements of relevance and reliability assessments of sustainability of such systems.

Sustainability of SSNCM operation characterizes the change of display coordinates at calculation and modified state of the system.

$$\begin{aligned} \forall E > 0 \Rightarrow \Delta_{x,y} > 0, \quad V[(x_0, y_0), (x^1, y^1)] < \Delta_{x,y} \Rightarrow \\ \Rightarrow V\{(x, y)[t, (x_0, y_0)]_0, (x, y)[t, (x^1, y^1)]_0\} < E, \quad \forall t \in (0, \infty), \end{aligned}$$

where  $(x_0, y_0)$  – display coordinates at calculation state of the system;

$(x^1, y^1)$  – display coordinates at modified state of the system;

$V$  – vector space  $(x_0, y_0)$ ;

$E$  – rational numbers (deviation of the modified state of the system from calculation).

Functional stability of this system characterizes deviation of core functions from the display coordinates at calculation and the system modified state.

$$\begin{aligned} \forall E > 0 \Rightarrow \Delta_{x,y} > 0, \quad V[f(x_0, y_0), f(x^1, y^1)] < \Delta_{x,y} \Rightarrow \\ \Rightarrow V\{f(x, y)[t, (x_0, y_0)]_0, f(x, y)[t, (x^1, y^1)]_0\} < E, \quad \forall t \in (0, \infty), \end{aligned}$$

where  $f(x, y)$  – is a function of the coordinates of the system estimated and modified state.

The algorithm and the main stages of the SSNCM functional stability implementation are developed.

In the operation phases of functional sustainability of coastal infrastructure, marine navigational equipment of SSNCM the situation where individual elements can be suboptimal, and the entire system optimal according to the requirements is provided, in which connection the variety of criteria often leads to contradiction to each other. In this case all criteria satisfaction is a compromise. At the instrumental method of navigation in addition to determining the stability margin the sustainability as well as sustainability in the vector space are defined. SSNCM is an adaptive system, i.e. it has the ability to adapt to external conditions for optimal achievement of the overall goal. The principle is that the elimination of the emergency situations consequences is carried out by: further redistribution of existing resources within the subsystems; change the algorithm of SSNCM functioning; change

the mode of its subsystems. SSNCM is the multiposition telecommunications system. Hence the basic requirements to ensure the functional criteria of the system sustainability are resulted.

The mathematical model in the form of undirected graph is applied because the logical connections in SSNCM are bilateral. The graph missing loops and multiple edges. Vertex set  $V$  corresponds to the multitude of SSNCM components by  $n$  capacity and edges set  $\langle E, F \rangle$  corresponds to functional linkages set between the SSNCM components.

$$G(V, \langle E, F \rangle), V = \{v_i\}, \langle E, F \rangle = \{\langle e, f \rangle_{ij}\} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Then  $\langle v, e, f \rangle$  characterizes SSNCM particular state,

where  $v \subseteq V, |v| \leq |V|; e \subseteq E, |e| \leq |E|; f \subseteq F, |f| \leq |F|$ .

$$\Delta v = v^+ \cup v^-, \quad \Delta e = e^+ \cup e^-, \quad \Delta f = f^+ \cup f^-;$$

$v^+, e^+, f^+$  – increased values  $\{V, E, F\}$  of SSNCM components;

$v^-, e^-, f^-$  – decreased values  $\{V, E, F\}$  of SSNCM components.

$$|v^+| = |V|, \quad |e^+| = |E|, \quad |f^+| = |F|, \quad |v^-| < |V|, \quad |e^-| < |E|, \quad |f^-| < |F|.$$

The main critical factors determining the waterborne crafts movement restriction include: the fairway dimensions, the fairway curvature radius in the shoals area, the dimensions and approaches to shipping gateways, the bridges dimensions, the overhead power lines height. The coordinates accuracy knowledge standards in limited areas of the movement, the values of the safe distances for differences with stationary hazards using the edges in non-oriented graph are duly defined (1).

Signs of the system functional sustainability is the connectivity of graph  $\{K=I\}$  and the availability of bridges  $N_L \geq 1$ , as well as connectivity nodes  $N_V \geq I$

$$\{K = I\} \wedge [\{N_V \geq 1\} \vee \{N_L \geq 1\}] \quad (2)$$

It should be noted that (2) substantially reduces the functional stability of distributed information system, since all the routes of transmission of information from one subgraph vertex to another will include this bridge or convergence node. Therefore, to bring the system in a steady state the back-up lines of communication should be incorporated into the structure to ensure that the structure has no bridges or nodes. At that few independent and alternative routes of transmission of information will appear.

The proposed method of SSNCM functional sustainability evaluation criteria will contribute to the reliability of the navigational tasks solution to improve the waterborne crafts traffic safety, taking into account the specifics of the transport system of Ukraine functioning.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Doronin V.V. Current problems of ECDIS implementation and operation on Ukrainian ships. Water transport. Collection of research papers. Kyiv. KSMA. – 2005. – Ed. 7. – p. 11–14.
2. Doronin V.V. Peculiarities of modeling and the ECDIS operator activities assessment. Water transport. Collection of research papers. Kyiv. KSMA. – 2013. – Ed. 2 (17). – p. 24–32.
3. Doronin V.V. Method of extending the ECDIS/Inland ECDIS functionality through mutual functioning with RADAR in monitoring and diagnosis modes. / V.V. Doronin, M.V. Aleynikov // Water transport. Collection of research papers. Kyiv. KSMA. – 2015. – Ed. 2 (23). – p. 26–36.
4. Doronin V.V. Way to accelerate circulation of navigation data on digital map's model / M.V. Aleynikov, V.V. Doronin // Kherson. Science Bulletin of KhSMA, 2015. – Ed. 12. – p. 52–64.
5. Katenin V.A. Navigation and Hydrographic support of navigation on inland waterways / V.A. Katenin, A.V. Zernov, G.G. Fadeyev // – M.: MORKNIGA, 2010. – 344 p.
6. Mashkov O.A. Topological criteria and indicators of complex hierarchical systems functional sustainability / O. A. Mashkov, O.V. Barabash // Modeling and information technology. Collection of research papers of the Institute for Modeling in Energy Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine. – 2003. – Ed. 25. – p. 29–35.



ON THE ISSUE OF CREATION OF INNOVATIVE DISPATCHING SYSTEMS IN THE ENERGY MICROGRIDS

Osypenko V., Kaplun V.

<sup>1</sup> National university of life and environmental sciences of Ukraine,  
<sup>2</sup> Kyiv National University of Technologies and Design,

INTRODUCTION

As of today, the biggest challenge of centralized power systems is the alignment schedules of generation as well the electricity consumption by controlling of power consumption in peak and semi-peak periods. This problem can be resolved by establishing of incentives in an environment of large number of customers and introducing the dynamic pricing on the electricity market [1-3].

To date, the general using electricity grids are used in the regimes that are characterized by the transition from the classical centralized network of one-way direction of energy transfer from the basic sources to consumers through distribution networks to local networks with distributed sources of low power. Such systems have gained the novel properties by implementing in them the intellectual control systems. The emergence of "smart" networks, or so-called «smart grids» or micro energy systems (microgrids) has caused a number of problems related to the inability of existing networks to connect to sources at the level of the consumer. Microgrid, as the local low voltage network can be integrated to the central power system, but to have the interrelated mode or be completely isolated and functionally separated.

Obviously, the further development of «smart grid» will allow to solve the new challenges of optimal control of combined type electricity power systems with a significant share of distributed generation sources. As of today, it is necessary to raise the level of use of advanced information technologies to provide the intelligent monitoring, accounting and control of technological processes in electrical networks that could be sufficient for the implementation of the new market of pricing mechanisms in the energy sector.

The key challenge for today is not only the optimization of energy systems, as the complex engineering systems, but also the formation the economic prerequisites for attraction to the implementation of new principles of such power systems of generation/consume on the basis of dynamic pricing in real time mode.

Microgrids can have different sources of electricity generation. These can be both traditional and renewable sources, which in turn can also be sources of distributed generation for the centralized network. Microgrid usually consists of traditional sources and renewable sources. This is primarily wind and solar power plants. It can also be modern storage devices, such as rechargeable batteries (see fig. 1).

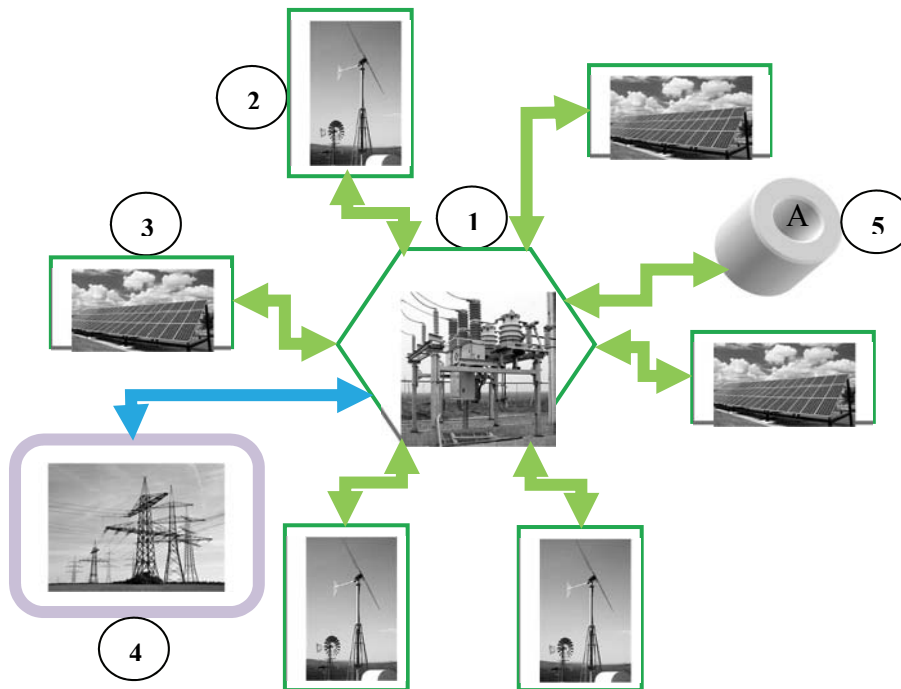


Fig.1. The general scheme of the micro energy systems (Microgrid):

1 – the system receiving-transmission facility (transformer); 2 – local wind power stations (WPS); 3 – local solar power stations (SPS); 4 – an external source of electricity for general use; 5 – internally accumulator of electric energy

Such complex systems can be considered as the combined electricity power supply systems of traditional and renewable sources, operating in parallel with centralized power systems and should have the optimal control algorithms. Exactly, such fact opens the many possibilities for providing of consumers with reliable and high quality electricity power at the lowest price. However, such problem as of today has not solved thoroughly.

Therefore, the electricity production planning and its harmonization with power consumption schedules is the main function of intellectual management system of microgrid.

#### ANALYSIS OF THE PROBLEM

For the most flexible harmonization of volume generation and consumption schedules appropriate to consider the short- and medium-term management scripts. These scenarios are formed by the sampling of time interval chosen for timely tracking of significant fluctuations in the basic processes of the system (levels of generation, schedules consumption, reliability of equipment etc.).

The generation sources schedule within distributed sources or in the independent sources is the electricity generation planning daily or weekly. This is done in order to optimize the electricity power supply costs, taking into account the various constraints on renewable sources (level of natural energy potential) and centralized network (presence of daily tariff zones, reliability indexes, the possibility of parallel operation of distributed sources, etc.). This is one of the most difficult problems of optimization the electric power supply single object within a microgrid. For this purpose it is necessary to explore the many continuous and discrete variables to construct a few efficiency functions properly taken into account and with numerous restrictions for a limited time period.

The problem of planning and, especially scheduling of electricity generation volumes in microgrids is very different from load planning schedules in the classic large power supply systems.

Therefore, the communication the microgrid with a centralized system as well as with the traditional sources and predefined energy storage capacity is a prerequisite for a given user's power consumption graphics. Exactly here and should effectively function the microgrid. Thus, said above confirms the fact that the presence in the microgrid of several sources, the electricity storage devices as well as their connection with a centralized system, requires the creation of intellectual hierarchical control system.

The work that we have begun at present deals with an extremely complex area, is quite global, labor intensive, but very necessary and essential in the current conditions of increasing deficit of non-renewable energy sources such as oil, natural gas and coal.

#### THE OBJECT, SUBJECT AND THE PURPOSE OF RESEARCH

The object of research – distributed generation in electricity power general using.

The subject of research – intelligent systems of operational management of microgrids with distributed generation, as local networks of low voltage that are integrated to central power systems.

The main purpose of future research we have begun – on the basis of advanced system-analytical information technologies, mathematical instruments and the world achievements in the field of energy markets should be developed an intelligent software-hardware system for forecasting, operational planning and dispatching both generation volumes and consumption of electricity in energy islands with the optimization of traditional and renewable sources interaction.

#### THE PROPOSED APPROACHE

The intelligent decision making system (IDMS) in the management of the in question here problem, for the implementation energy systems with distribute generation must go through at least of three basic stages:

- the stage of system of information-analytical research and collection of real information (I);
- the stage training of the system in specific conditions and concrete participants of energy market (II);
- the stage of implementation and actual functioning of IDMS on real energy island (III).

*On the question of technology of the IDMS creation. One of the approaches*

Below in general case, as example, represented the technological scheme of management of local energy islands, which aims to the optimization of economic indicators, i.e. an active and mutually beneficial cooperation, both incoming powerful electric power systems and local producers/ consumers.

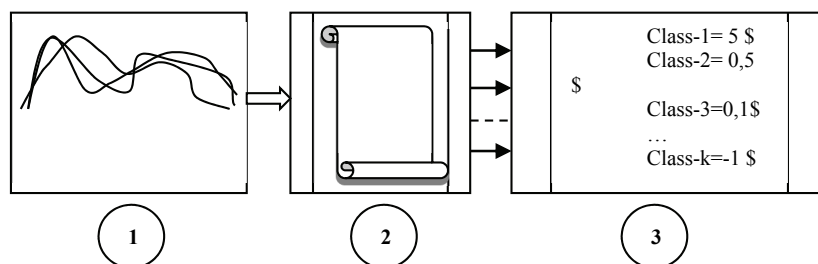


Fig. 2. The general technological management scheme of local energy islands:

1 - the stage of information-analytical research of a particular microgrid; 2 - the stage training of IDMS; 3 - the implementation and management of local electric power grid process.

Here we offer one of the many possible approaches to solve the problem and *only on the stage of the IDMS training* in specific conditions and specific participants of energy market of homogeneous clusters forming in terms of economic effective functioning of any objects in the energy islands which is based on inductive method of cluster-analysis.

From the standpoint of the general problem statement of cluster analysis "in a broad sense" [4] or bi-clusterization, i.e. solving of the complex task of constructing:

1) an optimal clustering

and

2) simultaneously designing of optimal an ensemble of informative features, the such problem can be formally represented as follows.

Let given the set  $\{x_{0j}, j=1, \dots, m\}$  of averaged values of gains/losses (in terms of pattern recognition "target features") measurements for each of  $m$  private or local members of the power island.

Let in the features space  $x_{ij} \in X$ , ( $i=1, \dots, n$ ,  $j=1, \dots, m$ ) also introduced the following important of them such as:

- the natural potential of wind energy;
- the natural potential of solar energy;
- the impact of the season for the latitude of the facility;
- geographic latitude of the facility;
- dayparts including broken down by hours;
- outside air temperature affects;
- the reliability indexes of wind-solar systems;
- changes the efficiency value of during equipment lifetime.

Indisputably, this list can be extended.

And, thus, the total array of input data in our task has a formal appearance as follow:

$$\omega_{ij} \in \Omega \equiv \tilde{X} = (x_{0j} : x_{ij} \in X), j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$$

It is necessary:

1) to synthesize a subset  $\{x_{\eta}^*\} = X^* \subset X$ ,  $\eta=1, \dots, n^*$ ,  $n^* \leq n$  of the above factors, the best for a given optimality criterion, and that would allow:

2) to classify all objects on  $k < m$ ,  $k = 1, \dots, K$  homogenous groups and

3) to construct the decision rule [4] for recognizing the situation and make a decision in real time to switch to one of the most efficient modes of operation for each participant energy island.

The proposed method of above problem solving is based on inductive approach [5, 6] to solve the problem of clustering is in staging biclustering [4].

#### REFERENCES:

1. Mohsenian-Rad A.-H. and Leon-Garcia A. Optimal residential load control with price prediction in real-time electricity pricing environments/Mohsenian-Rad A.-H., Leon-Garcia A.// IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 1, no. 2, pp. 120–133, Sept. 2010.
2. Kaplun V. The dynamic pricing of electricity as a criteria of efficiency of local microenergy systems // V. Kaplun / Bulletin of KNUTD. Series: Engineering. - 2016. - № 3 (98). - pp. 50-59.
3. Kim B.-G. Dynamic pricing for smart grid with reinforcement learning/ B.-G. Kim, Y. Zhang, M. van der Schaar, J.-W. Lee// IEEE CCSES (IEEE INFOCOM Workshop), 2014.
4. Osypenko V.V. Two approaches to solving the problem clusterization in the broad sense from the position of inductive modeling / V.V. Osypenko // Bulletin NUBiP of Ukraine. Ser. "Energy and Automation" [electronic issue]. –2014. – № 1. – Pp. 83-97. – Mode of access: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia\\_2014\\_1\\_11.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_1_11.pdf). [In Ukraine].
5. Ivakhnenko A.G. Polynomial theory of complex system / A.G. Ivachnenko // IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics. – 1971. – Vol. SMC-1, № 4.– P. 364–378.
6. Madala R. Inductive learning algorithms for complex systems modeling / R. Madala, A. G. Ivachnenko. – CRC Press, Boca Raton, 1994. – 350 p.

## ОПРАЦЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ ДАНИХ У НЕОДНОРІДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСАХ

Берко А. Ю., Кісь Я. П.

Національний університет "Львівська політехніка",  
BerkoAndriy@i.ua, Yaroslav.P.Kis@lpnu.ua

Проблема невизначеності даних, як неможливості коректної інтерпретації та застосування певної їх частини, існує, практично, протягом всієї історії інформаційних технологій [1]. Прояви невизначеності даних зростають з розширенням сфери застосування інформаційних технологій, збільшенням обсягів, кількості функцій та різноманіття способів та форматів подання інформаційних ресурсів. Найбільш характерним явищем невизначеності даних є для неоднорідних інформаційних ресурсів. Особливо актуальності ця проблема набуває з активним поширенням концепції та технологій Великих даних [2]. Для інформаційних ресурсів реалізованих за принципами Великих даних характерними є не лише значні обсяги, різноманіття та динаміка змін, а й структурна, синтаксична та змістова неоднорідність самих ресурсів, складність контролю, впливу та управління процесами їх продукування та розвитку. Саме це ці чинники, значною мірою, сприяють появі невизначеностей даних в складі інформаційного ресурсу.

Найчастіше, невизначеність полягає у відсутності, неповноті, неточності, неоднозначності, недостовірності, нестабільності тощо частки значень даних, що унеможлиблює їх опрацювання стандартними засобами та застосування згідно запланованого призначення [3]. Формально такі явища виявляються як неможливість подання значень даних у формі константи або виконуваного виразу та проблематичність їх інтерпретації.

Поява невизначеності даних в інформаційних ресурсах ускладнює процеси їх використання оскільки вимагає додаткових вирішень і процедур опрацювання для певної їх частини. Вибір варіанту опрацювання інформаційного ресурсу залежить від багатьох чинників, визначальним з яких є природа, характер та причини утворення невизначеностей даних та їх специфіка [1,3]. Зокрема, у [2] основні причини появи невизначеностей даних та їх особливості класифікують таким чином.

1. Значення не існує – не може бути сформоване або не сформоване даний момент часу.
2. Значення є неприпустимим для даного об'єкту.
3. Значення є невідомим.
4. Значення визначити неможливо.
5. Значення не є достовірним.
6. Значення не отримано.
7. Значенням є порожня множина.

Найчастіше при роботі з невизначеностями даних застосовують такі прийоми [4]:

- відтермінування або скасування процесів чи окремих процедур опрацювання інформаційного ресурсу з невизначеностями даних,
- ігнорування невизначеностей – вилучення значень, які відносять до категорії невизначених із процесів опрацювання інформаційного ресурсу,
- визначення коректних значень або їх уточнення шляхом залучення додаткових засобів, виконання спеціальних процедур, дій тощо,
- заміна невизначеностей сурогатними (фіктивними) значеннями, отриманими на основі аналізу, експертних оцінок, статистичних даних, прогнозів та припущень.

Процедура вибору способу опрацювання невизначеностей даних є достатньо складною, залежною від багатьох чинників і, основне, складно формалізованою. В даному випадку доцільним є використання підходів, які ґрунтуються на використанні експертних пропозицій та попередньо отриманих знань. Очевидно, що залучення експертів до виконання кожного завдання опрацювання інформаційних ресурсів з невизначеностями даних, враховуючи при цьому їх значні обсяги, є недоцільним або навіть неможливим. Тому для накопичення і подальшого застосування експертних вирішень доцільно використати базу знань. Основу такої бази знань складає онтологія, яка містить опис основних концептів даних інформаційного ресурсу, категорій невизначеностей та способів їх опрацювання. Така онтологія здатна забезпечити вироблення рішень з вибору способів опрацювання невизначеностей даних на основі знань сформованих експертами та доповнених і вдосконалених в процесі роботи з відповідним інформаційним ресурсом [5].

В загальному випадку, онтологію для опрацювання семантики неповних або неточних даних подають, відповідно до методології IDEF5, як трійку множин загального виду

$$O(UN) = \langle X(UN), R(UN), F(UN) \rangle,$$

де  $X(UN)$  – множина концептів, які описують поняття, відповідні неповним чи неточним значенням, їх зміст та властивості, способи усунення чи зменшення рівня невизначеності даних,

$R(UN)$  – множина відношень та зв'язків між концептами,

$F(UN)$  – множина аксіом опрацювання неповних і неточних даних (функцій інтерпретації) [5].

Засоби онтологій дають можливість описати семантику вхідних наборів даних, які підлягають інтеграції, з потрібним рівнем деталізації. Зокрема, для опису невизначеностей даних, як специфічної структурної та семантичної одиниці визначають спеціальний концепт (категорію) "Невизначеність", елементами якої є різноманітні варіанти невизначеностей (рис. 1.), наприклад,

Undefined = { $U_1 \approx$  "неможливо",  $U_2 \approx$  "невідомо",  $U_3 \approx$  "не існує",  $U_4 \approx$  "не визначено",  
 $U_5 \approx$  "недостовірно",  $U_6 \approx$  "не отримано",  $U_7 \approx$  "порожня множина"} [5].

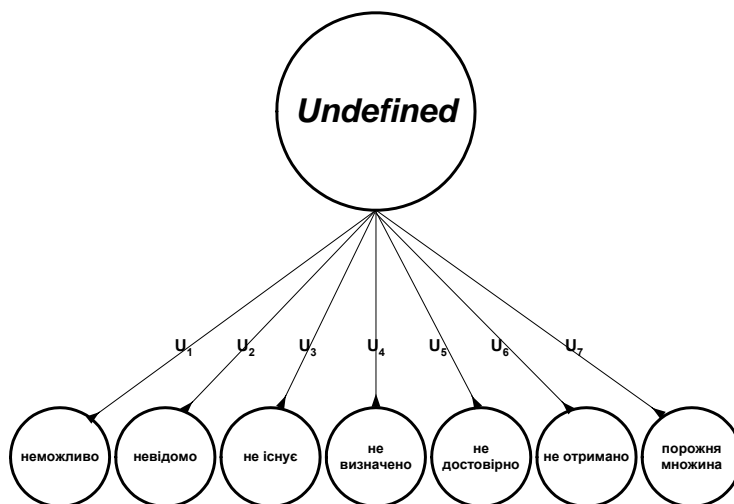


Рис.1. Склад категорії "Невизначеність"

Процес опрацювання інформаційного ресурсу за умов невизначеності частки даних на основі онтології передбачає виконання попереднього етапу побудови онтології для даного ресурсу і етапу використання онтології та її розвитку. На першому етапі виконують такі дії: розроблення структури та складу онтології; формування наборів концептів даних, концептів невизначеностей, концептів рішень з опрацювання невизначеностей; формування відношень між концептами; формування правил вибору вирішень з опрацювання невизначеностей для кожної категорії даних. На другому етапі побудовану онтології використовують як ядро бази знань при виборі рішення щодо способів усунення чи зменшення рівня невизначеності для елементів даних інформаційного ресурсу; окрім того у процесі застосування онтології може виникати потреба у доповненні її новими концептами, відношеннями та правилами або у зміні наявних концептів, зв'язків та правил.

Застосування онтології дає змогу виконати такі завдання – (1) кваліфікувати невизначеності одиниць даних відповідно до їх природи та походження, (2) визначати способи та процедури усунення чи зменшення рівня невизначеності шляхом застосування попередньо визначених експертних вирішень, (3) нарощувати та вдосконалювати знання, необхідні для опрацювання інформаційного ресурсу з невизначеностями даних. Перевагами підходу, що ґрунтується на застосуванні онтологій, є (1) можливість формування, накопичення, збереження та розвитку експертних знань щодо способів опрацювання невизначеностей даних в інформаційному ресурсі, (2) можливість швидкого та ефективного прийняття рішень щодо вибору способів опрацювання невизначеностей даних інформаційного ресурсу, (3) відсутність потреби створення та застосування формальних процедур опрацювання невизначеностей, (4) відносна простота та доступність засобів вирішення задач опрацювання невизначеностей даних.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Date C. J. Database in Depth: Relational Theory for Practitioners. / Cristopher Date.– O'Reilly, CA, 2005. – 240 p.
2. Marz N. Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems / Nathan Marz, James Warren. – Manning Publications. – 2015.– 328 p.
3. Rubinson C. Nulls, Three-Valued Logic, and Ambiguity in SQL : Critiquing Date's Critique. / Claude Rubinson // SIGMOD Record Vol. 36, No. 4, December 2007. – P. 137-143
4. Алексеева К. А. Застосування неповних і неточних даних в управлінні комерційними web-проектами / К. А. Алексеева, А. М. Пелешин // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» : Інформаційні системи та мережі. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2014. – № 805. – С. 345 – 353.

5. Берко А.Ю. Семантична інтеграція неповних та неточних даних / А.Ю. Берко, В.А. Висоцька // Системи обробки інформації. Збірник наукових праць ХУПВ ім. І. Кожедуба.– 2009.– Вип. 79.– С. 93–98.

## МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Бідюк П. І.<sup>1</sup>, Терентьєв О. М.<sup>1</sup>, Присянкіна-Жарова Т. І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

просп. Перемоги, 37а,

<sup>2</sup>Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України,  
бульв. Чоколовський, 13

p.bidyuk\_00@ukr.net, o.terentiev@mail.com, t.pruman@gmail.com

**Вступ.** Забезпечення якості та повноти вхідної інформації при розв'язанні задач передбачення та прогнозування розвитку соціально-економічних, фінансових, макроекономічних процесів залишається одним із проблемних питань створення відповідної інформаційної технології аналізу та обробки інформації. Адже під час формування часових рядів показників, що описують вказані процеси, зазвичай утворюються пропуски даних, основними причинами виникнення яких є і часті зміни у статистичній методології, і зміни у законодавстві, і неможливість одержання статистичної інформації, тощо. Однак, виключити з аналізу часові ряди з пропусками таких даних неможливо – це призведе до спотворення результатів, а інколи і унеможливить прогнозне моделювання. Проблемі заповнення пропусків даних присвячені роботи багатьох вітчизняних та закордонних вчених. Однак, незважаючи на наявність значної кількості методів обробки пропусків, єдиної методології поки що немає. Тому задача обґрунтування вибору методів заповнення пропусків при прогнозуванні соціально-економічних процесів є актуальною.

**Постановка задачі.** Обґрунтування вибору методу заповнення пропусків даних у часових рядах, що описують соціально-економічні, фінансові та виробничі процеси у задачах прогнозного моделювання.

**Виклад основного матеріалу.** Для заповнення пропусків даних в ході дослідження було виконано порівняльний аналіз існуючих методів заповнення пропущених значень у довгих часових рядах даних з наступною перевіркою ефективності застосування різних алгоритмів.

Чисельні експерименти були виконані на одинадцяти найбільш довгих часових рядах (за 1940-2015 рр.), натуральних показників сільськогосподарського виробництва, які описують розвиток двох його підсистем: рослинництва та тваринництва. Слід зазначити, що виробництво валової продукції сільського господарства характеризується позитивною динамікою. Такий же тренд мають і показники виробництва валової продукції рослинництва, а для тваринництва характерна негативна динаміка; показники, що описують дані процеси між собою корелюють достатньо слабо. Результати чисельних експериментів із заповнення пропусків подані у табл. 1.

У експериментах, результати яких подані в табл. 1 (та аналогічних, на інших часових рядах), використані часові ряди як з наявними пропусками даних, так і з примусовим формуванням пропусків у кількості від 5% до 20% від загальної кількості значень часового ряду. Як видно з табл. 1, значення похибки MAPE суттєво відрізняється для досліджуваних часових рядів. Однак, найбільш ефективними виявилися методи заповнення пропусків значеннями, спрогнозованими із використанням моделі регресії, та значеннями, розрахованими як середнє між першим попереднім та першим наступним значеннями. Однак, доцільно заповнювати пропуски даних лише за наявності не більше 15% пропущених значень часового ряду. Практичну перевірку відновлюючих властивостей досліджуваних алгоритмів виконано при прогнозуванні цільової змінної – валової доданої вартості сільського господарства у фактичних цінах (основного показника який характеризує розвиток даної галузі) на основі використання моделі регресії на головних компонентах (1), у якій три перші головні компоненти описують 89% варіабельності всіх 14 змінних-регресорів, що були відібрані для побудови моделі:

$$Y(t)=a_0+a_1 \cdot PRIN_1+a_2 \cdot PRIN_2+a_3 \cdot PRIN_3 \quad (1)$$

де  $PRIN_i$  -  $i$ -та головна компонента, отримана за методом головних компонент.

Значення показника валової доданої вартості сільського господарства спрогнозовано на три кроки вперед за моделлю (1) як із заповненням пропусків, так і за фактичними даними. В ході експериментів із заповнення пропусків даних побудовано десять сценаріїв наявності до 20% пропусків даних у досліджуваних часових рядах, які були заповнені із використанням методів, поданих у табл. 1.

Результати дослідження ефективності різних методів заповнення пропусків представлені у табл. 2.

Таблиця 1

Значення похибки MAPE при заповненні пропусків даних різними методами для часових рядів за 1940-2015 рр. «Виробництво зернових та зернобобових в Україні, тис. т.» (зростаючий тренд) та «Виробництво молока в Україні, тис. т.» (спадаючий тренд)

Метод заповнення пропусків	Часовий ряд	Пропущено значень, %			
		5	10	15	20
Модель регресії	Виробництво зернових та зернобобових	17,59	15,06	14,69	13,84
	Виробництво молока	5,08	5,08	5,30	5,28
Середнє за вибіркою	Виробництво зернових та зернобобових	27,75	30,57	32,81	32,44
	Виробництво молока	26,82	30,87	35,01	35,11
Середнє між першим попереднім та першим наступним значеннями	Виробництво зернових та зернобобових	12,98	14,43	12,03	14,69
	Виробництво молока	4,91	4,34	4,03	5,76
Середнє п'яти попередніх значень, розрахованих з використанням вагових коефіцієнтів за принципом експоненційного згладжування	Виробництво зернових та зернобобових	19,64	19,59	20,24	19,2
	Виробництво молока	8,56	8,53	8,92	9,87
Модель авторегресії з урахуванням припущення про те, що сільськогосподарське виробництво має циклічність 3 роки	Виробництво зернових та зернобобових	20,84	20,03	19,49	23,39
	Виробництво молока	9,54	7,57	7,58	11,61

Таблиця 2

Результати прогнозування валової доданої вартості сільського господарства України як із заповненням пропусків у часових рядах регресорів, так і за фактичними даними

Назва прогнозу	Валова додана вартість сільського господарства у фактичних цінах, млн грн			MSE	MAPE
	2013	2014	2015		
Фактичні значення	132245	161145	236003		
Прогнози на основі заповнення пропусків із використанням:					
- моделі лінійної регресії	197962,8	159993,8	170943,7	53394,3	24%
- середнього значення за вибіркою	111167,8	112288,1	106414,6	80879,4	61%
- методу розрахунку середнього між першим попереднім та першим наступним значеннями	120392	116399	112564	76113,0	52%
- методу розрахунку середнього п'яти попередніх значень, розрахованих з використанням вагових коефіцієнтів за принципом експоненційного згладжування	122973,6	116292,5	113925,1	75278,81	51%
- моделі авторегресії	115874,1	117063,5	100527,1	82794,8	62%
Прогноз без заповнення пропусків	101825,1	102443,7	94516,1	90166,0	78%

Як видно з табл. 2, найкращі результати одержано з використанням методу заповнення пропусків на основі лінійної регресії (MAPE = 24%), а у випадку, коли заповнення пропусків не виконувалося – MAPE сягає 78%. Слід також відзначити, що за результатами обчислювальних експериментів, проведених на 15 часових рядах показників виробництва продукції сільського господарства за 1940-2015 рр., найкращі результати одержано при застосуванні методу заповнення пропусків середнім між першим попереднім та першим наступним значеннями (MAPE за всіма експериментами становить 8,44%), із використанням інших методів, зокрема, моделі лінійної регресії, експоненційно середньозваженого значення за п'ятьма наявними вимірами, авторегресії, заповнення середнім за вибіркою, значення похибки MAPE становить відповідно 13,33, 15, 15,85, і 51,41%.

Висновки. Як показало виконане дослідження, при виборі методу заповнення пропусків необхідно враховувати характер процесу, що аналізується, особливості формування часових рядів, кількість та щільність пропусків. Якщо кількість пропущених значень у часовому ряду перевищує 20% , то за таких

довгих послідовностей пропусків їх доцільно заповнювати за допомогою моделей регресії та середніми значеннями по вибірці, оскільки інші є непрацездатними.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. N. V. Kusnietsova and P. I. Bidyuk, “Business intelligence techniques for missing data imputation”, Наукові вісті НТУУ «КПІ», No. 5, 2015, pp. 47–56.
2. Офіційний сайт Державної служби статистики України. (2016) Комплексні статистичні публікації [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.

## ОНТОЛОГІЧНЕ ПОДАННЯ ЗНАТЬ ПРО СИТУАЦІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ

Буров Є. В.<sup>1</sup>, Микіч Х. І.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра інформаційних систем та мереж,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, [yevhen.v.burov@lpnu.ua](mailto:yevhen.v.burov@lpnu.ua)

<sup>2</sup>Кафедра інформаційних систем та мереж,

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, [khrystyna.i.mykych@lpnu.ua](mailto:khrystyna.i.mykych@lpnu.ua)

У зв'язку із стрімким розвитком штучного інтелекту та робототехніки виникла необхідність у розробці таких інтелектуальних систем, які здатні досягти бажаних результатів шляхом аналізу, зрозуміння поточної ситуації та прийняття обґрунтованих рішень. Необхідною умовою побудови таких систем є формування та підтримка в них ситуаційної обізнаності. На сьогодні, термін «ситуаційна обізнаність» (СО) є дуже популярним і означає здатність отримувати інформацію про поточний стан середовища (системи) та на основі наявних знань формувати висновки про необхідні дії.

Світовий ринок «ситуаційної обізнаності» станом на 2015 рік був оцінений у 19 млрд. доларів. За прогнозами експертів (Global Industry Analysts) він досягне 132 млрд. доларів до 2020 року, що обумовлено необхідністю ефективного управління в автономних інтелектуальних системах.

Розробки у галузі ситуаційної обізнаності довгий час фокусувалися для людино-машинних застосувань [1]. Проте, наявні тенденції розвитку інтелектуальних систем визначили потреби зміни фокусу дослідження від людино-машинних систем до повністю автономних інтелектуальних систем, що здатні орієнтуватися та приймати рішення у реальних ситуаціях.

На сьогодні, для подання предметної області та вирішення задач у системах із СО потрібно не тільки використовувати різні методи, але й поєднувати їх у межах єдиної інтелектуальної системи, яка базується на цілісній формальній моделі предметної області. Саме тому, все більш популярним стає подання предметної області у якій функціонує система у вигляді онтології [2]. Використання онтології для формального подання та збереження знань дає змогу застосувати різні методи для вирішення задач в межах єдиної системи із СО та зберігати результати в єдиній базі фактів.

Використання знань про предметну область поданих у формі онтології та онтологічних моделей для ідентифікації ситуацій має суттєві переваги порівняно з використанням таблиць, дерев рішень чи наборів правил. Зокрема, воно дає змогу зберігати та використовувати знання про предметну область та можливі ситуації в ній у цілісній формі з врахуванням взаємозалежностей між об'єктами та ситуаціями, поданими у формі відношень. Крім того, застосування онтологій для ідентифікації ситуацій надає додаткові можливості для задання та опрацювання інформації про ситуації шляхом використання структурних особливостей та механізмів логічного виведення онтології.

Додатковою проблемою є те, що ситуацію у різних практичних задачах розуміють по різному [3]. Наприклад, ситуацією можна вважати конкретний стан предметної області, або групу подібних станів. Динамічна ситуація може бути також ідентифікована як процес. При поданні ситуацій часто треба враховувати нечіткості [4]. Тому визначення способу подання ситуації в онтології для відображення різних розумінь цього поняття на практиці є непростю задачею.

Для формального подання знань про ситуації була розроблена алгебраїчна модель онтології, яка дає змогу відображати та використовувати різні форми подання ситуацій та методи їх моделювання [4].

Формально, у межах онтології знання про ситуації зберігаються як нащадки окремого класу *Situation*. Водночас у описі ситуації (атрибут *DefinedFor*) є посилання на класи для яких така ситуація визначена. Це спрощує пошук ситуацій у процесі вирішення практичних задач, в яких необхідно знайти ситуацію, в якій може перебувати конкретний об'єкт певного класу.

Якщо  $\bar{S} = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  – множина ситуацій, то визначена функція  $F_{TS} : T \rightarrow \bar{S}$ , яка відображає множину класів онтології у множину ситуацій. Ця функція дає змогу поділити множину ситуацій на підмножини, що відповідають класам онтології:



$$\bar{S} = \bigcup_{i=1}^m S_{T_i} \quad (1)$$

Основним способом подання знань про ситуацію є ситуаційна модель, яка може бути подана у вигляді графу, вершинами якого є сутності та дії. Дугам графу відповідають відношення онтології. Окреме місце серед множини сутностей займають ситуаційно-орієнтовані сутності онтології. Такі сутності та відповідні їм класи онтології визначають через означення ситуації. Вони є підкласами класів онтології для яких діють відповідні ситуації. Визначення концептів онтології через ситуації дає змогу не тільки обґрунтувати їх створення, але й знайти усі необхідні атрибути та відношення таких концептів. Прикладом такої ситуаційної сутності на рис. 1. є сутність *Дефект*, об'єкт якої створюється тільки при виявленні дефекту під час тестування.

Набір об'єктів (популяція) ситуаційного класу  $T_s$ , визначеного для класу  $T_i$  ситуацією  $S_{T_i}$  задається підмножиною об'єктів класу  $T_i$  для якої аксіома  $CS_{S_{T_i}}$  ситуації  $S_{T_i}$  є конструктором класу.

$$\forall t_s : CS_{S_{T_i}}(t_s) = True, T_s \subseteq T_i \quad (2)$$

Загалом, ситуаційну модель  $Md_{st}$  можна подати у вигляді кортежу:

$$Md_{st} = \langle ST_{st}, SR_{st}, SA_{st} \rangle, \quad (3)$$

де  $ST_{st}$  – множина сутностей моделі,  $SR_{st}$  – множина відношень, а  $SA_{st}$  – множина дій. На рисунку 1 подано приклад ситуаційної моделі процесу тестування:

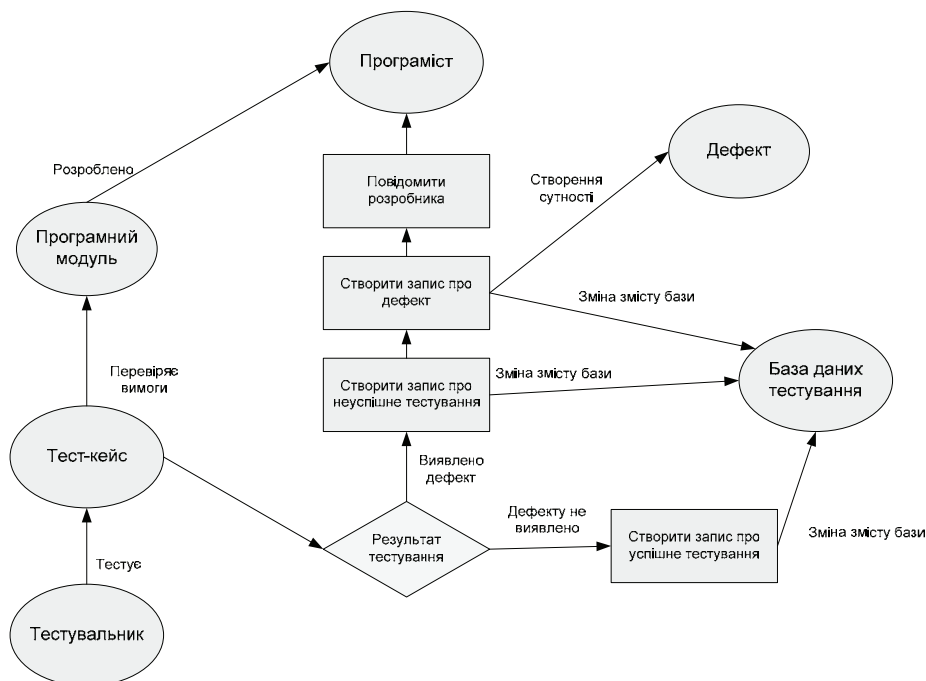


Рис. 1. Приклад моделі для ситуації виявлення дефекту

Використання ситуаційних моделей для подання та опрацювання знань про ситуації дає змогу проводити аналіз знань про ситуації в різних розрізах, а також застосувати методи логічного виведення та моделювання ситуацій для підтримки прийняття рішень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Endsley M. Theoretical underpinnings of situation awareness: a critical review Process More Data ≠ More Information / M. Endsley, R. Mica // Edited by Array. Most, Vol. 301, 2000. – P. 3 – 32.
2. Kokar M. Ontology-Based Situation Awareness / Baclawski Kenneth, M Kokar, C Matheus, // International Journal of Information Fusion, Vol. 10, 2009. – P. 83 – 89.
3. Devlin K. Situation theory and situation semantics / Devlin, Keith // Handbook of the History of Logic, vol. 7, 2006. – P. 601 – 664.
4. Mykich K. Algebraic Framework for Knowledge Processing in Systems with Situational Awareness / Khrystyna Mykich, Yevhen Burov // Advances in Intelligent Systems and Computing. Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2016, September 6–10 Lviv, Ukraine.- Springer Verlag. – P. 217 – 228

## МЕТОДИ АНАЛІЗУ BIG DATA В ПРОЕКТІ СППР

Верес О. М.

Кафедра інформаційних систем та мереж, Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Ст.Бандери 12, м. Львів, 79013,  
Oleh.M.Verese@lpnu.ua

Швидке поширення розумних та взаємопов'язаних пристроїв і систем, обсяг зібраних даних зростає загрозливими темпами. Для збереження конкурентоспроможності, для інновацій і швидкого виведення продуктів і послуг на ринок необхідно мати можливість аналізувати ці дані і отримувати на їх основі аналітичну інформацію швидко та економічно.

Виникає проблема вибору засобів реалізації відповідних інформаційних технологій в проектах СППР керованих даними (Data-Driven DSS) або орієнтованих на роботу з даними (Data-oriented DSS), які орієнтуються на вирішення проблеми доступу та маніпуляції з даними.

Великі дані (Big Data) в інформаційних технологіях – набір методів та засобів опрацювання структурованих і неструктурованих різноманітних динамічних даних великих обсягів з метою їх аналізу та використання для підтримки ухвалення рішень [1].

Формальна модель, яка враховує особливості інформаційної технології «великі дані» в проекті СППР, подається у вигляді четвірки [2, 3]:

$$BD = \langle Vol_{BD}, Ip, A_{BD}, T_{BD} \rangle, \quad (1)$$

де  $Vol_{BD}$  – множина типів обсягів;

$Ip$  – множина типів джерел даних (інформаційних продуктів);

$A_{BD}$  – множина методик аналізу Великих даних;

$T_{BD}$  – множина технологій обробки Великих даних.

Нові засоби для аналізу потрібні тому, що даних стає не просто більше, ніж раніше, а більше їх зовнішніх і внутрішніх джерел, тепер вони складніше і різноманітніше (структуровані, неструктуровані і квазіструктуровані), використовуються різні схеми індексації (реляційні, багатовимірні, noSQL). Колишніми способами впоратися з даними вже неможливо – *Big Data Analytics* поширюється на великі і складні масиви, тому ще використовують терміни *Discovery Analytics* (що відкриває аналітика) і *Exploratory Analytics* (що пояснює аналітика).

Сьогодні немає відмінності у вживанні термінів Big Data і Big Data Analytics. Ці терміни описують як самі дані, так і технології управління та методи аналізу [4, С.13].

Big Data Analytics є розвитком концепції Data Mining, ідентичні завдання, сфери застосування, джерела даних, методи і технології.

За роки, що минули з моменту появи концепції Data Mining до настання ери Великих даних, революційним чином змінилися обсяги даних, що аналізуються, з'явилися системи високопродуктивних обчислень, нові технології, в тому числі MapReduce і її численні програмні реалізації. З появою соціальних мереж з'явилися і нові завдання.

Якщо підхід DataMining доповнити технологією MapReduce і вимогою 4V (Volume (обсяг), Velocity (швидкість), Variety (різноманітність), Veracity (достовірність)), то це відобразить функціональні зв'язки Big Data Analytics (рис.1).

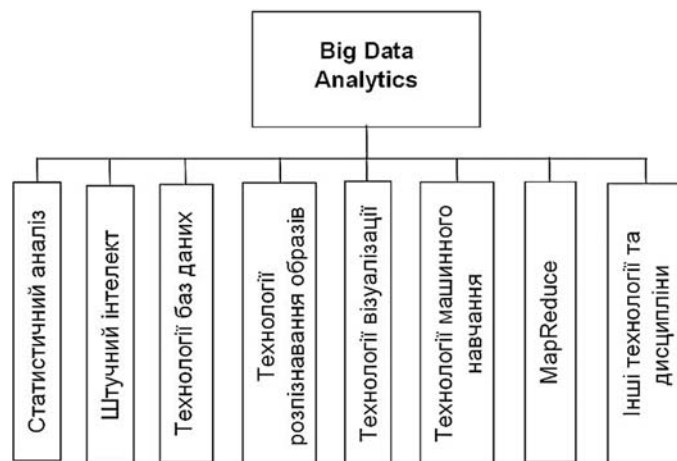


Рис. 1. Функціональні зв'язки аналітики Великих даних

Методики і методи аналізу, які застосовують до великих даних, описано в звіті McKinsey [5, С.27—31]: методи Data Mining; краудсорсінг; консолідація та інтеграція даних; машинне навчання; нейронні мережі, мережевий аналіз, оптимізація, зокрема, генетичні алгоритми; розпізнавання образів; аналітика прогнозування; імітаційне моделювання; просторовий аналіз; статистичний аналіз; візуалізація аналітичних даних.

Групи методів і технології аналітики Великих даних, які класифікуються з врахуванням функціональних зв'язків та формальної моделі даної інформаційної технології (рис.2), формально можна подати у вигляді п'ятірки множин:

$$A_{BD} = \langle M_{\text{Data Mining}}, M_{\text{Visualization}}, T_{\text{Text Mining}}, T_{\text{MapReduce}}, T_{\text{other}} \rangle, \quad (2)$$

де  $M_{\text{Data Mining}}$  — набір методик Data Mining: виявлення прихованих взаємозв'язків або закономірностей між змінними у великих масивах неопрацьованих даних;  $M_{\text{Visualization}}$  — методи графічного представлення результатів аналізу великих даних;  $T_{\text{Text Mining}}$  — технології видобування відомостей з текстів;  $T_{\text{MapReduce}}$  — технології розподілених обчислень;  $T_{\text{other}}$  — специфічні методики і технології дослідження Великих даних.

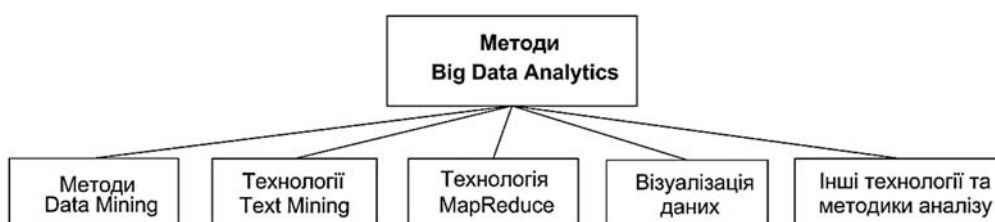


Рис. 2. Групи методів і технологій аналітики Великих даних

Застосування методів і технологій Data Mining дає змогу розв'язати такі задачі аналітики Великих даних: класифікація, кластеризація, асоціація, послідовна асоціація, прогнозування, визначення відхилень, оцінювання, аналіз зв'язків, візуалізація, підбивання підсумків. Для розв'язку даних задач найчастіше застосовують методи асоціативних правил, класифікації, дерев рішень, кластерного аналізу, регресії, аналізу часових рядів, аналізу відхилень, машинного навчання, генетичні алгоритми, нейронні мережі.

Методи візуалізації використовують для графічного представлення результатів аналізу великих даних у вигляді діаграм або анімації для спрощення інтерпретації полегшення розуміння отриманих результатів. Візуалізація аналітичних даних — зображення інформації у вигляді рисунків, графіків, схем і діаграм з використанням інтерактивних можливостей та анімації як для результатів, так і в якості вихідних даних для подальшого аналізу.

Підґрунтям технології Text Mining є статистичний та лінгвістичний аналіз, методи штучного інтелекту. Дана технологія застосовується для проведення аналізу, забезпечення навігації та пошуку в неструктурованих текстах. Поява засобів автоматизації і текстів в електронному вигляді спонукала до розвитку методів контент-аналізу даних великих обсягів.

До інших технологій і дисциплін дослідження даних з погляду технології Великих даних належать: А/В тестування, обробка природної мови, аналіз настроїв, мережевий аналіз, оптимізація, прогнозування краудсорсінг, інтеграція даних тощо.

З погляду реалізації, аналітична платформа для роботи з Великими даними має вміння використовувати нові технології MapReduce.

Проведений аналіз методів і технологій аналізу Великих даних є підґрунтям розробленої засобами Protégé-OWL онтології аналізу Великих даних.

Подальші дослідження будуть присвячені вдосконаленню онтології аналізу Великих даних.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Шаховська Н.Б., Болюбаш Ю.Я. Верес О.М. Організація Великих даних у розподіленому середовищі // Збірник наукових праць ДонНТУ "Обчислювальна техніка та автоматизація", № 2, 2014. — С. 147-155.
2. Shakhovska N. Generalized formal model of Big Data / N. Shakhovska, O. Veres and M. Hirnyak, // ECONTECHMOD: an international quarterly journal on economics of technology and modelling processes, vol. 5, no. 2, 2016, — pp. 33–38.
3. Shakhovska N. "Big Data Information Technology and Data Space Architecture," / N. Shakhovska, O. Veres, Y. Volubash // Sensors & Transducers, vol. 195, no. 12, pp. 69-76, 2015.
4. Барсегян А. А. Анализ данных и процессов / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. 3-е изд. перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 512 с.

5. Manyika, James et al. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / McKinsey Global Institute, June, 2011. 156 с.

**РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ**

**Доржсүрэн Хишигсүрэн**

*Транспортный институт Монголии.  
Монголия, Улан-Батор, Проспект мира  
khishgee238@gmail.com*

**Аршинский Л.В.**

*Иркутский государственный университет путей сообщения.  
Россия, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15  
larsh@mail.ru*

**Введение.** Одной из основных проблем управления производственными системами, к которым можно транспортные системы, является оценка результатов ее функционирования. Оценку можно выполнять по-разному. Основным критерием деятельности в таких системах является прибыль. Однако это укрупненный показатель, который не позволяет оценить вклад отдельных компонентов системы: ее подсистем и функциональных элементов. Кроме того он не структурирован и не подходит для детального анализа системы. С его помощью не представляется возможным анализировать эффективность функционирования отдельных компонентов, которые сами по себе не являются источником конечного продукта (а это едва ли не любая подсистема производственной системы). Для таких случаев практика выработала иные критерии эффективности. Например, рейтингование – выставление неких условных безразмерных агрегированных оценок отдельным компонентам (коллективам, цехам, участкам и т.п.), которые позволяют сравнить их в отношении лучше/хуже. В системе железнодорожного транспорта такими компонентами являются, в частности, станции, обеспечивающие перевозочный процесс на определенных участках дороги. При этом качественный рейтинг немаловажен учета структурных особенностей оцениваемой системы. Понимание структуры позволяет уяснить место и роль компонентов системы, их важность, вклад в общее дело, взаимосвязь и влияние друг на друга, вклады одних в функционирование других и т.п., превратив эту информацию в базу знаний (БЗ) соответствующей экспертной системы (ЭС). Основой для разработки такой БЗ может явиться соответствующая онтология [1-3].

**Онтология станции Амгалан.** Каждая из станций Улан-Баторской железной дороги выглядит достаточно уникальной. Станция Амгалан контролирует участок пути от пригорода Улан-Батора г. Амгалан (412 км. дороги) до Хоолта (468 км.). Кроме них участок включает пункты Туул, Хонхор, Налайх, Бумбат, Баян, Хайрхан, Хоолт. Оставляя без внимания второстепенные пункты сосредоточимся на самой станции. Руководит ее работой начальник станции (НС). Ему подчиняется группа специалистов, включающая: дежурного по станции (ДС), приемосдатчика (ПС), товаро-багажного приемосдатчика (ТБПС), заведующего билетной кассой (ЗБК). В свою очередь, дежурный по станции руководит работой второй группы специалистов и станциями. Ко второй группе специалистов относятся: дежурный по парку (ДП), вагоноосмотрщик (ВО), главный кондуктор (ГК) (см. рис. 1). Структура станции может быть изображена в виде онтологии, состоящей из концептов – служб/должностей и отношений включения и подчиненности. Онтология служит для разработки продукционной БЗ агрегированного оценивания. Инструментом для разработки онтологии станции стал SMarTools [4].

**Агрегированное оценка станции Амгалан.** В основе метода агрегирования лежит логико-аксиологический подход, описанный в [5, 6]. Согласно ему структуры станции формализована системой продукций вида:

$$\neg A \rightarrow \neg B; \quad (1)$$

«Если Не-А, то Не-В». Здесь А и В – утверждения о полноценном функционировании компонентов А и В. Истинность каждого из этих утверждений принадлежит отрезку [0,1]. Она называется характеризующим числом компонента. В свою очередь, с каждой продукцией связана степень ее истинности:

$$\| \neg A \rightarrow \neg B \|;$$

называемая ценностью  $A$  для  $B$ . Она тоже принадлежит этому отрезку. Иначе говоря, метод опирается на аппарат нечетких логик, где истинность играет роль характеризующего числа компонента и показателя силы связи  $A$  с  $B$ . Импликация (1) – это утверждение о том, что утрата функциональности компонента  $A$  влечет утрату функциональности компонента  $B$ . Истинность импликации – степень этой утраты (задается экспертно). Если  $A$  не принадлежит  $B$ , но способен влиять на него (компонент влияния), это формализуется продукциями вида  $\neg A \rightarrow \neg B$  или  $A \rightarrow \neg B$ , в зависимости от характера такого влияния (положительное или отрицательное; в последнем случае говорится о паразитном компоненте) [6].

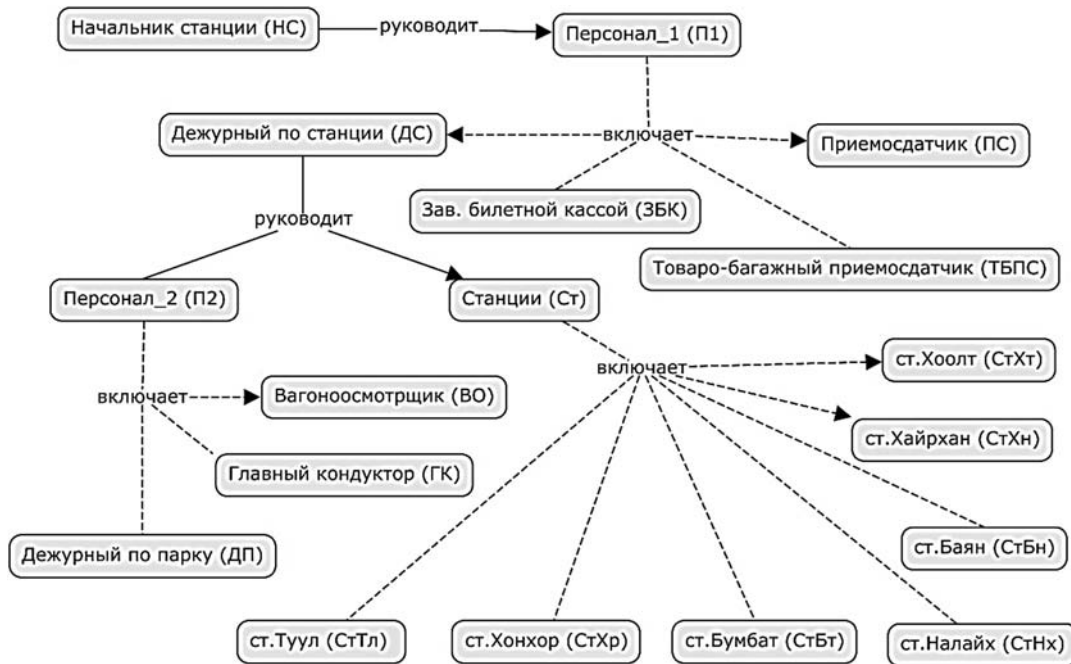


Рис. 1. Концепты и отношения онтологии станции Амгалан.

Расчет агрегата начинается с установления характеризующих чисел функциональных элементов, которыми здесь являются ДП, ГК, ВО, ЗБК, ПС, ТБПС, СтТл, СтХр, СтБт, СтНх, СтБн, СтХн, СтХт. Характеризующие числа функциональных элементов ДП, ГК, ВО, ЗБК, ПС, ТБПС устанавливаются экспертно или на основе каких-либо объективных показателей. Значения характеризующих чисел для СтТл, СтХр, СтБт, СтНх, СтБн, СтХн, СтХт, которые фактически являются подсистемами, вычисляются на основе соответствующих онтологий, но здесь полагаем их заданными.

Согласно [5], неравенство единице каждого из этих чисел трактуется как дефект (ущерб) функционирования компонента, который, в свою очередь, порождает ущерб содержащей его подсистемы. Расчет доли ущерба ведется по правилу:

$$\neg A, \neg A \rightarrow \neg B \vdash \neg B: \|\neg B\| = \|\neg A\| \cdot \|\neg A \rightarrow \neg B\|,$$

которое рассматривается как нечеткий modus ponens. Если, как в нашем случае, подсистема состоит из нескольких компонентов:  $A, A', A''$ , и т.д., ущерб каждого из них порождает частный вклад в общий ущерб компонента  $B$ .

Полагаем, что для нормального функционирования станции необходимо нормальное функционирование всех ее компонентов. Тогда совокупный ущерб рассчитываем по правилу:

$$\|\neg B\| = \|\neg B\|' \oplus \|\neg B\|'';$$

где  $\|\neg B\|'$  и  $\|\neg B\|''$  – частные вклады, обусловленные ущербами функционирования  $A$  и  $A'$ ;  $\oplus$  - т.н.  $t$ -норма, известная в нечеткой математике и применяемая для формализации дизъюнкции. Результат затем нормируется на 1 [6]. Эта процедура реализуется на основе технологии ЭС.

Импликации вида (1) формируют продукционную базу знаний (БЗ), которая здесь будет иметь вид:  $\neg ДП \rightarrow \neg П2, \neg ГК \rightarrow \neg П2, \neg ВО \rightarrow \neg П2, \neg СтТл \rightarrow \neg Ст, \neg СтХр \rightarrow \neg Ст, \neg СтБт \rightarrow \neg Ст, \neg СтНх \rightarrow \neg Ст, \neg СтБн \rightarrow \neg Ст, \neg СтХн \rightarrow \neg Ст, \neg СтХт \rightarrow \neg Ст, \neg П2 \rightarrow \neg ДС, \neg Ст \rightarrow \neg ДС, \neg ДС \rightarrow \neg П1, \neg П1 \rightarrow \neg НС$ , и так далее. Характеризующее число компонента НС рассматривается как характеризующее число всей системы (станции Амгалан).

**Заключение.** Рассмотренная методика позволяет учесть особенности функционирования производственной системы, в данном случае – железнодорожной станции. Исходным пунктом ее

применения является построение онтологии изучаемой системы, на основе которой разрабатывается продукционная БЗ. Реализация методики достигается применением технологии ЭС.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
2. Никоненко А.А. Обзор баз знаний онтологического типа // Искусственный интеллект, 2009. – №4. – С. 208-219.
3. Мельников К.В. Способы представления знаний в экспертных системах. - [http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/1\\_sb/melnikov.htm](http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/1_sb/melnikov.htm).
4. Муромцев Д.И. Концептуальное моделирование знаний в системе CMapTools. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2009. – 83 с.
5. Аршинский Л.В. Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, 2013. – № 3(39). – С.140-146.
6. Аршинский Л.В. Методика агрегированного оценивания систем с поддержкой ключевых компонентов // Онтология проектирования, 2015. - № 2(16). – С. 233-245.

### ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

**Калінчук Ю.С., Обельовська К.М., Цмоць І.Г.**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. С. Бандери, 28а/801, Львів, 79013,  
kalun4uk@meta.ua, obelyovska@gmail.com*

**Постановка задачі.** На сьогодні велика кількість країн у світі здобули визнання у багатьох сферах включаючи й економіку. Такий розвиток зумовлений великою кількістю факторів і одним з основних є енергоефективність. Вона залежить від збалансованого і ощадливого споживання енергетичних ресурсів, технологій, обладнання та схем енергопостачання, структури споживання паливно-енергетичних ресурсів, управління енергоефективністю і споживанням енергоресурсів. Отже, для того, щоб піднятися на економічному рівні, нам потрібно виконати усі кроки росту, серед яких і ефективне використання енергії.

На даний час існує велика кількість систем розроблених для споживачів комунальних послуг, прикладами яких для міста Львова може бути «Портал споживачів комунальних послуг» [1] та «ЛьвівОблЕнерго» [2]. Проте основною функцією більшості з них є надання можливості споживачам комунальних послуг подавати показники про спожиті ресурси в режимі онлайн. Крім того такі системи звичайно містять нормативну інформацію свого профілю, тарифи, посилення на існуючі системи оплати. Основним недоліком таких систем є орієнтація тільки на один вид послуг (енергії) та відсутність інтелектуального опрацювання даних з метою надання користувачам рекомендацій щодо можливостей підвищення енергоефективності в їхніх приміщеннях. Тому актуальною є розроблення підсистеми взаємодії клієнтів з постачальниками послуг, яка б дозволила клієнтам взаємодіяти з різними постачальниками з одного віртуального особистого кабінету.

Вагомим інструментом підвищення енергоефективності економіки в рамках регіону є використання інтелектуальних інформаційних технологій для побудови багаторівневої системи управління енергоефективністю [3]. Очевидно, що система повинна включати в себе і можливість обслуговування індивідуальних споживачів та мати в собі інтелектуальні компоненти опрацювання даних і вироблення рекомендацій щодо підвищення енергоефективності їх домашніх господарств. Крім того, на даний час, важливим є збереження енергії, яке допомагає користувачам зберегти не тільки власні кошти, а і навколишнє середовище.

**Метою доповіді** є висвітлення результатів розробки програмного продукту, що допомагає користувачам контролювати кількість використаних ресурсів, перевитрати та енергозбереження згідно встановлених норм і, як наслідок, сприяє організації збалансованого і ощадливого споживання та кращої енергоефективності житлових приміщень.

**Основний матеріал.** Для того, щоб створити корисну підсистему, необхідно переглянути уже існуючі програмні продукти. Аналіз розглянутих рішень показав, що відомі програми лише частково вирішують поставлені нами задачі.

Серед програм, орієнтованих на муніципалітети, заслуговує уваги програма обліку енергії ASE 2.2, розроблена для комплексного обліку та аналізу використання енергії і природних ресурсів в громадських будівлях. З допомогою програми ASE 2.2 можна сформувавши базу даних усіх бюджетних будинків міста.

При цьому вибудовується ієрархічна структура бази даних від рівня міста до рівня конкретних лічильників встановлених в будинках. Програма має у своєму розпорядженні велику кількість звітів, які можуть допомогти енерго-менеджерам оцінити ефективність використання того чи іншого енергоресурсу; знайти “гарячі точки” – будинки з понаднормовим споживанням енергоресурсів; виявити будинки, де умови теплового комфорту не відповідають державним санітарним нормам. Програма ASE 2.2 також може використовуватись для розрахунку бюджету на комунальні послуги від рівня конкретного будинку до міста в цілому.

Характерним прикладом сучасної системи, орієнтованої на індивідуального споживача комунальних послуг, є система ІНФОЛЬВІВ [1]. Ця система дозволяє користувачам, не виходячи з дому, вносити показники, слідкувати за нарахуваннями, дивитись історію показників та оплат, роздруковувати квитанції, переходити на системи інтернет-оплат, переглядати нормативні документи місцевих та державних органів влади та інше.

Аналізуючи вище подані програмні продукти, можна зробити висновок, що перший програмний продукт (ASE 2.2) є корисний за рахунок можливості обрахунку ефективності використання того чи іншого ресурсу. Але ASE 2.2 не може працювати у режимі реального часу, що є його недоліком. ІНФОЛЬВІВ – це система, яка працює у режимі реального часу і дозволяє подавати показники у базу даних, проте на даний час вона не підтримує зв'язку з різними постачальниками послуг, зокрема з постачальником електроенергії. Крім того ІНФОЛЬВІВ не має в собі інтелектуальних компонент опрацювання даних та відповідно не має змоги робити рекомендації щодо енергозбереження та енергоефективності.

Розроблена система створена за допомогою мови С#, що використовує платформу .NET. Функціонал та інтерфейси користувачів реалізовано за допомогою Windows Forms. Доступ до бази даних ресурсів та користувачів організовано за допомогою серверної компоненти Microsoft SQL Server. Запропонована система, як і ІНФОЛЬВІВ, розрахована на індивідуальних користувачів. Вона містить функціонал обох вищеподаних систем, і додатково за рахунок розширення системи дозволяє калькулювати перевитрати чи енергозбереження відповідно до загальноприйнятих державних норм. Система містить у собі міні експертну компоненту, яка дає користувачеві певні поради та настанови щодо використання ресурсів. Наприклад, якщо споживач на протязі відносно довгого періоду часу суттєво перевитрачає гарячу воду, але економить газ, система запропонує йому встановити газовий нагрівальний елемент, за рахунок чого користувач зможе економити кошти. Це особливо важливо для людей, які користуються державною допомогою. Для кращого розуміння отриманих даних щодо енергозбереження чи перевитрат система передбачає графічне представлення результатів з метою наглядного порівняння здійснених витрат з загальнодержавними нормами. Для прикладу на рис. 1 зображено стовпчикову діаграму витрат газу за рік, де вісь “х” – місяць для порівняння (показник осі відповідає номеру місяця у календарі), а “у” – кількість використаних ресурсів за цей час. Кількість ресурсів за нормою позначено стовпцями чорного кольору, а фактично використаних – сірим. Згідно наведеного рисунку видно, що користувач використовує забагато газу під час опалювального сезону. Тому йому потрібно знаходити альтернативні методи обігріву, наприклад, утеплити помешкання ззовні.

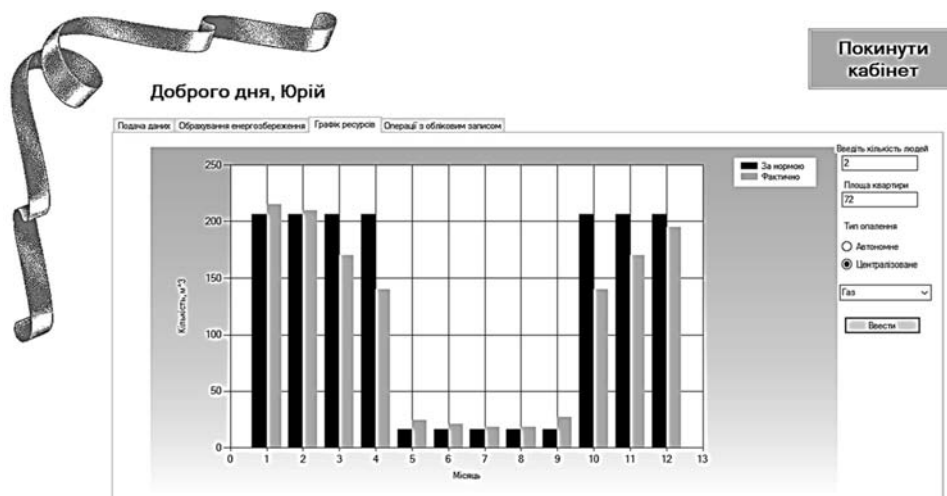


Рис. 1. Візуалізація результатів опрацювання даних та обрахунку енергозбереження

Зважаючи на усі плюси, система призводить до більш зацікавленого ставлення до проблем енергоефективності. Використання такої системи буде стимулювати людей до збереження і коштів, і навколишнього середовища, і підвищення енергоефективності як житлових, так і комунальних приміщень.

**Висновки.** Підсистема управління енергоефективністю житлових приміщень реалізована з допомогою .NET Windows Forms та Microsoft SQL Server. Вона поєднує в собі набір існуючих функцій для користувачів електроенергетичних компаній з додатковою можливістю контролю енергоефективності. Дана підсистема дозволяє користувачам обраховувати кількість збереженої енергії чи перевитрат згідно з державними нормами та формувати рекомендаційний план підвищення ефективності енерговитрат. Покращення енергоефективності житлових приміщень позитивно вплине на економічний розвиток регіону.

Доповідь підготовлена за результатами виконання НДР «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. ІНФОЛЬВІВ [Електронний ресурс] – Система подачі показників ІНФОЛЬВІВ – Режим доступу: <http://www.infolviv.com.ua/> (Дата звернення: 4.05.2017) – Назва з екрану
2. ЛьвівОблЕнерго [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.loe.lviv.ua/> (Дата звернення: 4.05.2017) – Назва з екрану
3. Цмоць І.Г., Стрямець С.П., Зербіно Д.Д. Багаторівнева система управління технологічними процесами. Вісник Хмельницького національного університету, 4.2016. Технічні науки. – С.139-145.

### АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ПІДСИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ

Карпінець Р. М.

*Кафедра автоматизованих систем управління, Національний університет «Львівська політехніка»,  
Україна, м. Львів, вул. Ст. Бандери, 12, Львів,  
E-mail: karpinets2710@gmail.com*

**Постановка проблеми.** Сучасний будинок - це складний набір різних систем та комунікацій, які управляються з використанням технологій “інтелектуального будинку”, забезпечують комфортне проживання його мешканців і зменшують енерговитрати. В основі інтелектуального управління будинком лежить принцип нерозривного зв'язку всіх діючих в приміщенні функціональних систем: клімат контролю, водопостачання та водовідведення, газопостачання, електропостачання та керування освітленням. Технології “інтелектуального будинку” повинні зв'язати в єдиний комплекс різноманітне обладнання та інженерні підсистеми житла, керувати ними так, щоб забезпечувати високу енергоефективність і створювали максимально комфортний стан для проживання.

**Метою доповіді** є розроблення апаратно-програмних компонент на базі мікроконтролерів для підсистем освітлення та управління мікрокліматом будинку.

**Основна частина.** Процес централізованого керування мікрокліматом є одним з найскладніших в системі життєзабезпечення будинку. Підсистема управління мікрокліматом забезпечує управління:

- опаленням;
- кондиціонуванням;
- вентиляцією;
- температурою підлоги.

При традиційній побудові господареві доводиться управляти кожною з цих систем окремо. Причому можливі ситуації, коли в міжсезоння кондиціонування починає “боротися” з вентиляцією. Це призводить до прискореного зносу обладнання і підвищеного енергоспоживання. Щоб уникнути подібного необхідна єдина система, що об'єднує керування всіма компонентами, які забезпечують мікроклімат будинку. З її допомогою температуру в будь-якій кімнаті можна відрегулювати прямо з настінної панелі або переносного пульта керування.

У кожному приміщенні система підтримує індивідуальні параметри - температуру, вологість, приплив свіжого повітря. Причому залежно від вуличної температури і потрібної швидкості прогріву (або ж за бажанням господарів) вибирає і включає на необхідну потужність один або декілька теплових приладів - радіатори опалення, теплі підлоги, тепловентилятори, кондиціонери в режимі обігріву.

Щоб створити комфортні умови для сну, до ночі температура знизиться, а вранці - підніметься. Якщо ви надовго йдете з дому, в ньому встановлюється економічний режим (+ 15-16 ° С). За три-чотири години до повернення можна дати команду по телефону або через Інтернет, і до потрібного моменту автоматика встановить в приміщеннях задані кліматичні параметри.



Господаря немає вдома, але система повідомить йому про силу вітру, опади, температуру на вулиці і в приміщеннях, отримає і виконає накази - наприклад, відкрити вікна, щоб провітрити кімнати. Розпочнеться сильний вітер або дощ – автоматика їх закриває. У спекотний літній полудень включити кондиціонери і опустити жалюзі. В системі клімат-контролю також можливе створення різних сценаріїв роботи в залежності від зовнішньої та внутрішньої ситуації.

Підсистема управління освітленням забезпечує як особливий комфорт, так і значну економію електричної енергії. За допомогою настінних панелей, сенсорних пультів та інших засобів центральний контролер керує джерелами світла в різних приміщеннях (зонах), а також створює світлові картини в окремій кімнаті. Для цього в пам'ять системи завантажуються готові світлові сценарії, вибір одного з яких дозволяє увімкнути світильники, встановлені в різних частинах кімнати чи будинку.

У підсистемах управління мікрокліматом і освітленням для формування управляючих сигналів використовуються апаратно-програмні компоненти на базі Arduino. Розроблені апаратно-програмні компоненти на базі Arduino забезпечують: вимірювання температури як на зовні будинку, так і всередині; управляють температурою котла, вентиляцією та кондиціонуванням; управляють освітленням як у будинку, так і по периметру будинка. Крім, того розроблені апаратно-програмні засоби забезпечують управління освітленням та мікрокліматом будинку з переносного пульта керування або через мережу Internet з допомогою мобільного телефону (коли власник знаходиться поза домом).

**Висновки.** Розроблені апаратно-програмні компоненти на базі Arduino для управління освітленням і мікрокліматом будинку забезпечують підвищення комфортності проживання мешканців і зменшення споживання енергоресурсів.

**Доповідь підготовлена за результатами виконання НДР «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».**

## РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВАЛОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОРТА

**Катана А.В., Вычужанин В.В.**

*Одесский национальный морской университет,  
г. Одесса, ул. Мечникова, 34,  
hexler@ukr.net*

Особенностью перегрузочных процессов в порту является их непрерывное развитие, обусловленное как изменением потребностей в переработке тех или иных грузов, так и постоянно изменяющейся обстановкой внутри порта и в обслуживаемых им регионах [1]. Это вызывает необходимость максимальной формализации способов принятия решений как по оперативному – диспетчерскому управлению перегрузочными процессами, так и при их модернизации и реорганизации. Разработка эффективной координирующей системы управления технологическими процессами в транспортных узлах является одним из резервов снижения затрат на развитие перегрузочных мощностей и улучшение эксплуатационных и технико-экономических показателей их работы [2].

Разрабатываемая программная система должна автоматизировать процесс поиска оптимальной погрузочно-разгрузочной площадки, обеспечить возможность ускорить процесс работы портовых агентов, а также систематизировать работу портовых терминалов. В качестве логического элемента такой программной системы, используется схематическое разделение портового терминала на стратегические элементы и связи между ними [3].

Работа логического метода основывается на гибкой системе перебора допустимых вариантов, а также использования системного анализа, базирующегося на прошлых показаниях системы. К таким показаниям относятся терминалы порта, с которыми уже взаимодействовал заказчик, причалы на которых осуществлялась погрузка или выгрузка, качество выполненной работы, а также оценка судовладельца и его итоговое заключение. К этим показаниям прибавляются возможности терминала и причалов принять судно, согласно техническим характеристикам и возможностям, а также коэффициент специализации по работе с определенным видом груза у терминала, владеющего причала.

К дополнительным факторам можно отнести наличие перевалочной площадки, крытых складов, рефрижераторных возможностей и предоставляемых услуг, каждого терминала. Совокупность факторов позволяет выделить наиболее оптимальный вариант, который и будет откомендован судовладельцу и капитану. Для улучшения работы порта, будет реализована система контроля графика взаимодействия, которая будет выдавать уровень возможности выполнения работы, согласно расписания терминала порта.

Разработка программной системы по прогнозированию и контролю перевалочных процессов порта, позволяет более точно распределять ресурсы каждого терминала, анализировать и использовать только

необходимое количество погрузочной техники, а также балансировать нагрузку на каждый из причалов, используемых для выполнения перевалочных операций. Такая программная система позволит выводить итоговую перевалочную статистику по каждому терминалу, что поможет проанализировать итоговую работу порта, а также позволит использовать единую систему планирования и построения графика погрузок и разгрузок на каждом причале порта. Обобщённая диаграмма вариантов использования программной системы представлена на рис. 1.

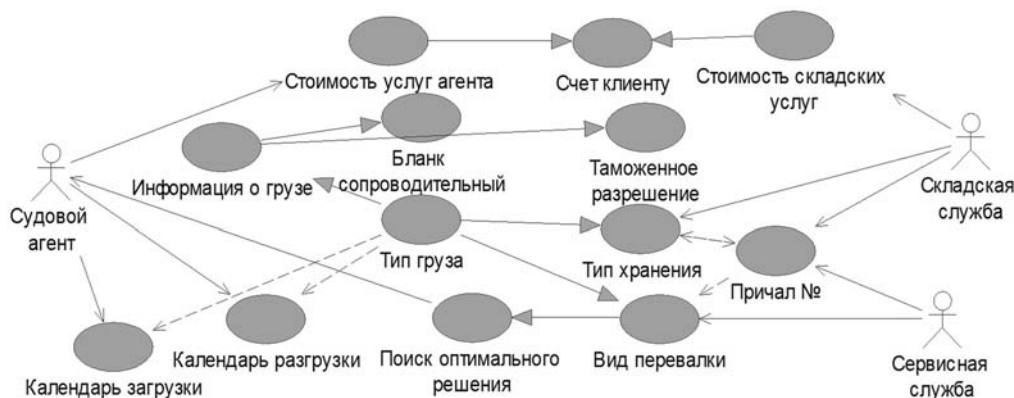


Рисунок 1 – Обобщенная диаграмма вариантов использования программной системы по прогнозированию и контролю перевалочных процессов порта

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Грузооборот морских торговых портов Украины за 12 месяцев 2010 года. Собинформ // Порты Украины. – 2011. – №1. – С. 38-42.
2. Давыденко А.А. Концепция государственного управления конкурентоспособностью региональных морских портовых комплексов / А. А. Давыденко // Экономика и управление. 2008. -№2. - С. 121 – 125.
3. Котов М.Ф. Планирование, организация и технология портовых перегрузочных работ / М.Ф. Котов. - М.: Транспорт, 1976. - 256 с.

### ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА

**Кораблев Н.М., Сорокина И.В., Соловьев Д.Н., Малюков Р.Р.**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
61166, Харьков, просп. Науки, 14, каф. ЭВМ, тел. (057) 702-13-54  
E-mail: korablev.nm@gmail.com, solovyov.dima@gmail.com*

В настоящее время актуальной задачей является разработка информационных технологий принятия решений, учитывающих современные требования, которые предъявляются или могут возникнуть при управлении сложными системами. Появление компьютерных систем и сетей высокой производительности с большой емкостью памяти, а также появление многоядерных процессоров, допускающих реализацию параллельных вычислений, с одной стороны, и необходимость обработки значительных массивов информации для принятия решений – с другой, привели к созданию интеллектуальных систем поддержки принятия решений СППР [1]. Реальная ситуация требует других подходов к созданию СППР, т.к. с течением времени изменяется окружающая среда и характеристики состояния системы, учесть которые априори практически невозможно.

Перспективным направлением исследований в этой области является создание гибридных СППР, использующих преимущества каждой из технологий искусственного интеллекта. Существуют различные подходы к созданию интеллектуальных СППР, использующих аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики, искусственные нейронные сети, генетические алгоритмы и др. Эти системы предназначены для помощи лицу, принимающему решение (ЛПР), при управлении сложными объектами и процессами различной природы в условиях жестких временных ограничений и наличия различного рода неопределенностей. Они относятся к классу интегрированных интеллектуальных систем, сочетающих

строгие математические модели и методы поиска решения с нестрогими методами и моделями, базирующимися на знаниях специалистов-экспертов и накопленном опыте.

Основой предлагаемой СППР является база знаний, в которой могут храниться общие знания, необходимые для решения задачи принятия решений, знания о всех внутренних связях самой системы, прикладные знания, например, описание предметных областей, правила и ограничения на процесс принятия решений, комплексы алгоритмов и др. Важным звеном СППР является подсистема, которая в диалоге с ЛПР обеспечивает идентификацию ситуации, формирование решений, объяснение и обоснование этих решений, взаимодействие с базой знаний, а также использует традиционные средства моделирования, алгоритмизации и программирования.

Ключевым концептуальным положением предлагаемой СППР является придание им способности эволюционировать в условиях изменения внешней среды, свойств объекта принятия решений (ОПР) и др. Поэтому для повышения качества интеллектуального анализа и обработки информации при наличии априорной и текущей неопределенности и повышения эффективности использования СППР при решении сложных интеллектуальных задач необходимо использовать модели системы, которые будут эволюционировать во времени для адаптации к среде функционирования, повышая тем самым уровень своего «интеллекта» [2-4]. В работе предлагается модель СППР на основе нечеткой логики, эволюция которой осуществляется с использованием иммунного подхода. Это позволяет автоматически определять и корректировать как структуру (число правил вывода), так и параметры модели системы в зависимости от изменения свойств исследуемого объекта.

Для описания связи между множествами входных и выходных переменных ОПР используется модель нечеткого вывода Такаги-Сугено нулевого порядка с правилами вида:

$$R_i : \text{if } x_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and } \dots \text{ and } x_m \text{ is } A_{im}, \text{ then } y_i = k_i \text{ is class } i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $A_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , - нечеткие множества и соответствующие им функции принадлежности (ФП), построенные в пространстве входных  $x_j$ ,  $\overline{1, m}$  значений переменных, а значение выходной переменной  $y_i = k_i$ ,  $\overline{1, n}$  определяет класс системы.

В качестве ФП используются гауссовы функции, описываемые выражением:

$$\mu(x) = \exp \left[ - \left( \frac{x-c}{\sigma} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где  $c$  – центр нечеткого множества;  $\sigma$  отвечает за крутизну функции.

Необходимо решить задачи формирования нечеткой базы правил и эволюции нечеткой модели системы в условиях изменения внешней среды и свойств ОУ. Формирование базы знаний рассматривается как задача обучения на основе наблюдений из обучающей выборки. Одной из основных задач при формировании базы знаний в СППР является устранение их избыточности для повышения достоверности вывода и сокращения времени анализа при принятии решений. Минимизация базы знаний может быть представлена как комбинаторная оптимизационная задача, для решения которой используются искусственные иммунные системы. Минимизация базы нечетких правил рассматривается как задача устранения ее избыточности. С этой целью строится целевая функция:

$$\Phi(P) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [F(X, P) - y_i]^2} = \min_P, \quad (3)$$

минимизирующая среднеквадратическое отклонение между фактическими значениями выходной переменной  $y_i$  и полученной на основе нечеткого прогноза точечной оценкой  $F(X, P)$ . Вектор  $X$  представляет собой вектор входных переменных, а вектор  $P$  представляет собой вектор параметров нечеткой модели и его состав определяется исходя из выбранного алгоритма обучения.

Алгоритм формирования нечеткой базы знаний представляет собой итерационную процедуру последовательной идентификации наблюдений из обучающей выборки с помощью искусственных иммунных систем [5]. Антигены представляют собой примеры обучающей выборки. Каждое антитело кодирует одно нечеткое правило базы знаний. Количество антител в популяции (правил в базе знаний) соответствует количеству примеров в обучающей выборке. Правила кодируются вещественными числами, представляющими собой индекс нечетких множеств входных переменных и коэффициенты нечетких правил. Аффинность антител популяции вычисляется по результатам нечеткого вывода в соответствии с выражением:

$$Af_{ij} = (I + \Phi(P))^{-1}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где  $\Phi(P)$  – евклидово расстояние (4).

В результате работы иммунного алгоритма лучшие по популяции антитела формируют популяцию клеток памяти, которая представляет множество нечетких правил вывода. Полное множество правил в модели СППР для реальных задач может быть достаточно велико. Если для описания наблюдения используются  $n$  переменных, каждая из которых имеет  $m$  термов, то верхняя оценка числа правил составляет  $m^n$ . Для сокращения мощности множества правил необходимо в этом множестве выделить некоторое минимальное подмножество наблюдений, исключив избыточные и противоречивые правила. Данную задачу в предлагаемом иммунном алгоритме выполняет иммунный оператор супрессии, который обеспечивает сжатие популяции путем связывания антител в зависимости от значения их аффинности относительно других антител популяции. Антитела с минимальной аффинностью удаляются из популяции в соответствии с установленным порогом сжатия сети, что приводит к уменьшению числа правил в базе знаний эволюционной СППР.

Эволюционирование модели СППР рассматривается как задача ее адаптации к условиям изменения внешней среды и свойств ОПР, состоящая из процедур параметрической и структурной адаптации, использующих иммунные модели клонального отбора и aiNet [6]. Параметрическая адаптация включает в себя процедуру изменения значений параметров ФП, принцип действия которой заключается в изменении параметров термов всех лингвистических переменных. Структурная адаптация включает в себя процедуру редукции числа правил вывода, изменяя мощность правил путем исключения избыточных или добавления новых. Т.о., целью эволюции СППР является поиск такой модели, с таким набором правил вывода и их параметров, для которой качество принятия решений будет наилучшим в данный момент времени. Проведены экспериментальные исследования на тестовых примерах, которые подтвердили эффективность предложенной эволюционной модели СППР, использующей нечеткую логику и иммунный подход.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Стадниченко С.Ю. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений / С.Ю. Стадниченко // Молодой ученый. – 2010. – № 6. – С. 61-63.
2. Снитюк В.Е. Эволюционные технологии принятия решений в условиях неопределенности / В.Е. Снитюк. – К.: «МП Леся», 2015. – 347 с.
3. Комарцова Л.Г. Эволюционные методы формирования нечетких баз правил / Л.Г. Комарцова // Материалы международной конференции OSTIS-2011, С. 181-184.
4. Комарцова Л.Г. Исследование нейросетевых алгоритмов обучения в интеллектуальных эволюционных системах / Л.Г. Комарцова, Ю.Н. Лавренков, О.В. Антипова // Материалы IV-й международной конференции OSTIS-2014, С. 233-238.
5. Korablev N. Immune Approach for Neuro-Fuzzy Systems Learning Using Multiantibody Model / N. Korablev, I. Sorokina // ICARIS 2011, Springer Lecture Notes in Computer Science. – 2011. – Vol. 6825. – P. 395–405.
6. Dasgupta D. Recent Advanced in Artificial Immune Systems: Models and Applications / D. Dasgupta, S. Yu, F. Nino // Applied Soft Computing. Elsevier, 2011. – P. 1574-1587.

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХОМИХ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ГРУП ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕРИТОРІЇ

**Корольов В.Ю., Огурцов М.І., Ходзінський О.М.**

*Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України,  
03187, м. Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40,  
incyb@icyb.kiev.ua*

**Вступ.** Задача маршрутизації транспорту (Vehicle Routing Problems, VRP) полягає у виявленні та оптимізації маршруту до заданих точок для транспортних засобів (ТЗ), що знаходяться у депо [1]. В даній роботі пропонується дослідити задачу математичного моделювання маршрутів руху для групи рухомих дистанційно керованих систем – безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і безпілотних наземних роботів [1-3]. Побудова маршрутів для виконання завдань груп БПЛА, які можливо буде виконувати у польових умовах, є актуальною науково-прикладною задачею.

**Основна частина.** Розглянемо змістовну постановку транспортно-комунікаційної задачі побудови маршрутів руху для групи БПЛА для обстеження певної території для виконання математичного моделювання побудови їх маршрутів.

**Умови.** Є певна територія, на якій слід виконати досліджувані заходи. Вона може містити місця особливого інтересу, що потребують першочергової уваги і обов'язково мають бути відвідані. Крім того, задачею є виконати розвідку наявними БПЛА якомога більшого відсотку заданої території за вказаний час із зазначеними витратами пального. Виконаємо формалізацію задачі для побудови її математичної моделі.

**Вхідні дані:**

- 1) Координати границь території, що потребує обстеження.
- 2) Координати місць особливого інтересу.
- 3) Координати депо (точки, з яких можуть запускатись БПЛА).
- 4) Координати місця посадки БПЛА.
- 5) Кількість БПЛА, що можуть бути застосовані для розв'язання даної задачі.
- 6) Додаткові умови та обмеження.

**Параметри:**

- 1) Максимально допустима дальність польоту БПЛА.
- 2) Максимальна дальність передачі сигналу.
- 3) Максимальна швидкість БПЛА, середня швидкість БПЛА.

**Вихідні дані:**

Побудований маршрут кожного БПЛА.

**Критерії:**

- 1) Обстеження якомога більшого відсотку території.
- 2) Мінімізація сумарного шляху руху БПЛА.

Маршрутизація транспорту відноситься до комбінаторних задач, які можна подавати як оптимізаційні задачі на графі  $G(V, E)$ . Маршрутизація ТЗ є актуальною NP-важкою науковою задачею [1-2]. Але у даному випадку відсутні конкретні точки для відвідування, є лише територія, яку слід обстежити. На цій території можуть бути певні точки особливого інтересу, що мають бути обов'язково обстежені. Але також необхідно обстежити якомога більшу частину усїєї території з урахуванням обмежень (пальне та кількість БПЛА).

Розглянемо шлях розв'язання поставленої задачі. Територія, що має бути обстежена, розбивається на квадрати, розмір квадрату дорівнює зоні обстеження ТЗ з однієї точки (зоні чіткої видимості з центру цього квадрату). В центрі кожного з цих квадратів ставиться точка, формуючи таким чином множину точок. Тоді у випадку, якщо ТЗ відвідають кожен з цих точок, уся територія буде повністю обстежена. Місця особливого інтересу зсуваються до центрів квадратів, в яких вони знаходяться. Це місця підвищеної уваги – міста та селища, дороги, місця потенційних засідок тощо. Ці точки матимуть значно вищу вагу у розв'язку, ніж звичайні точки, і формують підмножину  $V_e$ . У результаті разом з координатами депо ці точки формують підмножину множини точок  $V$ .

**Математична модель.** Є заданий ряд точок  $V$ , які треба відвідати для розвідки. Вони представляють собою множину точок  $v_1 \dots v_n$ . Є множина депо  $v_0, \dots, v_p$ , або точок, з яких можуть стартувати БПЛА. На основі цих двох множин будується плоский планарний граф, накладений на карту.

Введемо такі позначення.

$G(V, E)$  – граф;

$V = \{v_0, \dots, v_p, v_{s\dots}, v_n\}$  – множина вершин ( $v_0, \dots, v_p$  – депо,  $v_{s\dots}, v_n$  – точки, що бажано відвідати);

$V_e = \{v_{s\dots}, v_k\}$  – підмножина множини  $V$ , складається точок, що слід обов'язково відвідати;

$E$  – множина ребер  $\{(v_i, v_j) / i \neq j\}$ ;

$C$  – матриця невід'ємних відстаней (вартості шляху)  $c_{ij}$  між точками;

$m$  – кількість БПЛА;

$R_i$  – маршрут  $i$ -ого БПЛА ( $i=1..m$ );

$R$  – сукупність маршрутів  $R_i$  ( $i=1..m$ );

$C(R_i)$  – вартість маршруту  $R_i$ ;

$K(V_i)$  – вага кожної вершини, що визначає важливість її відвідування (вища для підмножини  $V_e$ );

$q_i$  – ресурс руху  $i$ -ого БПЛА.

Кожна вершина  $V_i$  має набір координат  $X_i, Y_i$  – це координати клієнта. Завдання маршрутизації полягає у визначенні такої множини маршрутів  $m$  з мінімальною загальною вартістю, щоб кожна вершина підмножини  $V_e = \{v_{s\dots}, v_n\}$  була відвідана тільки одним БПЛА і тільки один раз. Після цього ТЗ мають відвідати якомога більшу кількість точок ( $v_k \dots v_n$ ). Крім того, всі маршрути повинні починатися і закінчуватися в будь-якій точці з множини депо ( $v_0, \dots, v_p$ ).

**Розв'язком** задачі є розбиття множини  $V$  на підмножини (маршрути) та виконання порядку обходу на кожній підмножині (перестановка вершин маршруту). Розв'язки задачі, при яких не всі точки з множини  $V_e$  відвідуються, є недопустимими.

**Цільовою функцією** в загальному випадку є вартість розв'язку задачі:

$$F_{VRP} = \frac{\sum K(V_i)}{\sum C(R_i)}, \quad (1)$$

де  $K(V_i)$  – вага відвіданих точок маршруту  $R_i$ ,  $i = 1, \dots, m$

$C(R_i)$  – сума довжин ребер маршруту  $R_i$ ,  $i = 1, \dots, m$ .

У даному варіанті потрібно знайти допустимий розв'язок з максимальним значенням цільової функції. Також введено такі обмеження для умов задачі:

- кожна вершина множини  $V_e$  обов'язково має бути відвідана, і тільки один раз;
- довжина кожного маршруту  $R_i$  не повинна перевищувати максимальної дальності польоту  $q_i$ .

Таким чином, ця задача зводиться до задачі **Multiple Depot VRP, MDVRP** (або транспортна задача з декількома депо) з додатковими обмеженнями.

Для **розв'язування задачі** в першу чергу відвідуються усі критично важливі точки з підмножини  $V_e$ . Далі (після того, як усі критично важливі точки відвідані) ТЗ мають відвідати якомога більше не критичних точок з множини  $V$ . Для побудови оптимального маршруту слід оцінити ваги ребер.

Для розв'язання поставленої задачі та мінімізації цільової функції (1) слід обраним методом побудувати для подальшої оптимізації початковий набір маршрутів, що включатиме маршрут для кожного ТЗ. Маршрути можна представити у наступному вигляді:

$$V_1 = \{\{v_{11} \dots v_{1N}\}, \{v_{21} \dots v_{2D}\} \dots, \{v_{m1} \dots v_{mK}\}\}. \quad (2)$$

Кожен з векторів відноситься до окремого ТЗ. Разом вони формують загальний вектор маршрутів, що підлягає обрахунку цільової функції та оптимізації.

Сума вартостей відповідно до формули (1) складе потрібну нам цільову функцію.

На векторі, отриманому за формулою (2), можна виконувати ітеративний оптимізаційний процес, шукаючи кращі розв'язки в околі шляхом застосування локального пошуку. В результаті ми розвиваємо отриману математичну модель одразу у двох напрямках – це й задача маршрутизації ТЗ з декількома депо і класична оптимізаційна задача на просторі перестановок. Для класичної задачі відомі ефективні та швидкі алгоритми пошуку наближених та оптимальних розв'язків, що дозволить значно спростити розв'язування задачі маршрутизації ТЗ [3,4].

**Висновки.** Предметом розгляду стала змістовна постановка задачі маршрутизації ТЗ при необхідності обстеження певної території. Проблема зведена до задачі маршрутизації ТЗ з декількома депо із додатковими обмеженнями. Для класичної задачі відомі ефективні та швидкі алгоритми пошуку наближених розв'язків [4], що дозволить значно спростити розв'язування задачі маршрутизації ТЗ, яка є NP-складною задачею. В подальшому планується виконувати математичне моделювання з використанням методів та алгоритмів комбінаторної оптимізації на просторі перестановок для порівняльного аналізу ефективності пошуку розв'язків описаної задачі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Огурцов М.І., Ходзінський О.М. Про формалізацію задачі маршрутизації транспортних засобів при обстеженні території / М.І. Огурцов, О.М. Ходзінський // Праці VIII Міжнародної школи-семінару "Теорія прийняття рішень". Ужгород, 26 вересня – 1 жовтня 2016р., – 2016. – С.198-199.
2. Гуляницький Л. Ф., Самусь А. В. Решение N-методом задачи оптимизации маршрутов транспортных средств с временными окнами / Л. Ф. Гуляницький, А. В. Самусь // Компьютерная математика. – 2012. - №2. – С. 147-155.
3. Огурцов М.І., Ходзінський О.М. Розробка алгоритмів розв'язання задачі маршрутизації транспортних засобів з часовими вікнами / М.І. Огурцов, О.М. Ходзінський // Комп'ютерна математика. - 2016. - №1. — С. 134 – 142.
4. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посіб. / Л.Ф. Гуляницький, О. Ю. Мулеса.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2016.- 133 с.

## ІГРОВА МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МУЛЬТИАГЕНТНІЙ СИСТЕМІ

**Кравець П.О.**

*Національний університет „Львівська політехніка”,  
вул. С. Бандери 12, м. Львів, Україна, kpro@i.ua*

### Вступ

Метою роботи є побудова ігрової моделі централізованого прийняття рішень у дворівневій мультиагентній системі, яка складається з одного керуючого агента та декількох підпорядкованих йому агентів-виконавців. Під агентом будемо розуміти активну підсистему автономного прийняття рішення, яка у ході розв’язування задачі може взаємодіяти з іншими агентами та людиною, використовуючи ресурси інформаційної мережі [1].

Хід гри з колективного формування рішення розгортається у часі. Керуючий агент генерує вказівні варіанти рішень, а агенти-виконавці використовують ці рішення як рекомендаційні і мають повну свободу у виборі власних рішень. Моментом завершення гри є досягнення стану, у якому більшість агентів вибрали узгоджені рішення. Ідеально рішення усіх агентів-виконавців мають співпасти з рішенням керуючого агента.

### Постановка задачі

Нехай можливі варіанти рішень множини  $I$  ( $|I| \geq 2$ ) агентів задані у вигляді векторів чистих стратегій  $U = \{u[1], u[2], \dots, u[N]\}$ , де  $u[j] \in R^1$  ( $j = 1..N$ ) – дійсне числове значення,  $N$  – кількість варіантів рішень. У моменти часу  $t = 1, 2, \dots$  агенти здійснюють одночасний випадковий вибір варіантів  $u_{i,t} \in U$  і до моменту часу  $t+1$  отримують оцінку  $\xi_i$  правильності вибору. Агент-керівник вибирає рішення  $u_{k,t} \in U$ , а агенти-виконавці – рішення  $u_{i,t} \in U$ .

Після завершення вибору рішень виконавці обчислюють поточні програші за відхилення власних рішень від рішення керівника:

$$\xi_i = |u_{i,t} - u_{k,t}| \quad \forall i \in I \setminus \{k\}.$$

Втрати керівника визначаються невиконанням його вказівного рішення виконавцями робіт:

$$\xi_k = |I \setminus \{k\}|^{-1} \sum_{i \in I \setminus k} |u_{i,t} - u_{k,t}|$$

Хід гри оцінюється функціями середніх програшів:

$$\Xi_{i,t}(\{u_i\}) = t^{-1} \sum_{\tau=1}^t \xi_{i,\tau} \quad \forall i \in I. \quad (1)$$

Метою гри є мінімізація функцій середніх програшів:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \overline{\Xi}_{i,t} \rightarrow \min_{\{u_i\}} \forall i \in I. \quad (2)$$

У ході гри  $t = 1, 2, \dots$  потрібно згенерувати такі послідовності випадкових величин  $\{u_{i,t}\} \quad \forall i \in I$ , щоб забезпечити мінімізацію функцій середніх програшів (1). Розв’язок гри будемо шукати у множині точок колективної рівноваги за Нешем.

### Метод розв’язування стохастичної гри

Генерування послідовностей варіантів  $\{u_{i,t}\}$  з потрібними властивостями виконаємо за допомогою випадкового розподілу, побудованого на основі векторів змішаних стратегій  $\{p_{i,t}\} \quad \forall i \in I$ , елементи яких є умовними імовірностями вибору чистих стратегій. Значення змішаних стратегій обчислимо за рекурентним виразом, отриманим на основі стохастичної апроксимації умови доповняльної нежорсткості, яка описує розв’язки гри за Нешем:

$$p_{i,t+1} = \pi_{\varepsilon_{t+1}}^N \left\{ p_{i,t} - \gamma_t \xi_{i,t} [e(u_{i,t}) - p_{i,t}] \right\}, \quad (3)$$

де  $\pi_{\varepsilon_{t+1}}^N$  – оператор проектування на одиничний  $\varepsilon$ -симплекс  $S_{\varepsilon_{t+1}}^N \subseteq S^N$  [2];  $\gamma_n > 0$ ,  $\varepsilon_n > 0$  – параметри методу;  $e(u_{i,t})$  – одиничний вектор-індикатор вибору варіанту  $u_{i,t} \in U_i$ .

Параметри  $\gamma_t$  та  $\varepsilon_t$  є монотонно спадними додатними величинами:

$$\gamma_i = \gamma t^{-\alpha}, \quad \varepsilon_i = \varepsilon t^{-\beta}, \quad (4)$$

де  $\gamma > 0$ ;  $\alpha > 0$ ;  $\varepsilon > 0$ ;  $\beta > 0$ .

Співвідношення параметрів  $\gamma_i$ ,  $\varepsilon_i$  визначають умови збіжності стохастичної гри і повинні задовольняти фундаментальні умови стохастичної апроксимації [2].

Значення чистих стратегій визначаються з умови:

$$u_{i,t} = \left\{ u_i(j) \mid j = \arg \min_j \sum_{k=1}^j p_{i,t}[k] > \omega \ (k, j = 1..N) \right\}, \quad (5)$$

де  $\omega \in [0,1]$  – випадкова величина з рівномірним розподілом.

Ефективність прийнятих рішень оцінюється функціями середніх втрат  $\Xi_{i,t}$  (2) та коефіцієнтом узгодження варіантів рішень агентів-виконавців з рішенням агента-керівника:

$$C_t = (t \mid \Gamma \{k\})^{-1} \sum_{\tau=1}^t \sum_{i \in I \setminus \{k\}} \chi(u_{i,\tau} = u_{k,\tau}), \quad (6)$$

де  $\chi() \in \{0,1\}$  – індикаторна функція події.

### Результати моделювання

Динаміка функцій середніх програшів та коефіцієнта узгодженості рішень у часі подана у вигляді графіків на рис. 1 для стохастичної гри з параметрами:  $|I|=15$ ,  $N=10$ ,  $\gamma=1$ ,  $\varepsilon=0.999/N$ ,  $\alpha=0.1$ ,  $\beta=2$ . Моделювання стохастичної гри виконано на протяжці  $t_{\max} = 10^4$  ітерацій.

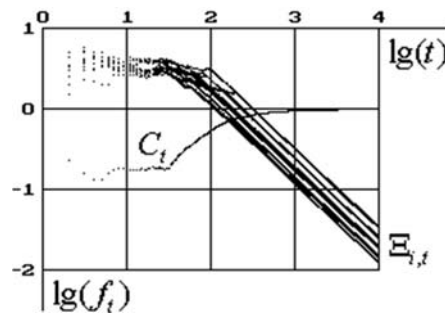


Рис. 1. Характеристики стохастичної гри

Зменшення середніх програшів  $\Xi_{i,t}$  та зростання коефіцієнта узгодженості рішень агентів  $C_t$  свідчать про збіжність ігрового методу у силу виконання системи критеріїв (2). Зростання кількості агентів та кількості чистих стратегій гравців призводять до збільшення часу навчання стохастичної гри. Експериментальний порядок швидкості збіжності визначається тангенсом кута лінійної апроксимації функцій середніх програшів  $\Xi_{i,t}$  на завершальному періоді часу моделювання. Як видно на рис. 1, для заданих значень параметрів запропонований ігровий метод забезпечує близький до 1 порядок швидкості збіжності.

### Висновки

Розглянутий ігровий метод при належному налаштуванні його параметрів забезпечує централізоване прийняття рішень в мультиагентній системі. Формування ігрових стратегій здійснюється генераторами випадкових величин за розподілом, побудованим на основі динамічних векторів змішаних стратегій. Рекурентний метод обчислення змішаних стратегій забезпечує степеневий порядок швидкості збіжності стохастичної гри.

Результати роботи можна застосувати для побудови ефективних організаційних та технічних систем підтримки прийняття рішень.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Wooldridge M. An Introduction to Multiagent Systems / M. Wooldridge. – John Wiley & Sons. – 2002. – 366 pp.
2. Назин А.В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А.В. Назин, А.С. Позняк. – М.: Наука, 1986. – 288 с.



## ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ

Крак Ю.В.<sup>1,2</sup>, Бармак О.В.<sup>3</sup>, Багрії Р.О.<sup>3</sup>, Касянюк В.С.<sup>1</sup><sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
01601, Київ, вул. Володимирська 64/13, krak@univ.kiev.ua<sup>2</sup>Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України,  
03680, Київ, пр. Академіка Глушкова, 40, krak@univ.kiev.ua<sup>3</sup>Хмельницький національний університет,  
29016, Хмельницький, вул. Інститутська 11, barmak@svitonline.com

Сучасний розвиток засобів обчислювальної техніки та інформаційних технологій (ІТ) дозволяє суттєво розвинути засоби комунікації на базі складних технічних пристроїв. Запропонована ІТ для реалізації альтернативних підходів до спілкування [1], ключовим моментом якої є інтелектуалізація введення інформації за допомогою системи прискореного введення тексту у цифрові пристрої. Для реалізації запропонованої ІТ розроблено модель корпусу розмовної української мови. Інформаційна система, що реалізує запропоновану ІТ використовує меншу кількість команд для введення букв і прогнозує варіанти слів, базуючись на даних корпусу слів і словосполучень. Дослідження і моделювання системи введення тексту з прогнозуванням базувалось на: а) формуванні множини (корпусу) слів (словосполучень) української мови (обмеженого словами для повсякденного спілкування) з побудовою відповідної моделі для можливості прогнозування наступних слів в словосполученні; б) групуванні (з відповідним кодуванням) множини букв українського алфавіту в певному порядку проходження: алфавітний, клавіатурний («qwerty»), за частотою використання тощо. Для формування корпусу слів запропоновано використовувати експертний підхід. Це обумовлено тим, що потрібно підібрати слова і словосполучення, що використовуються в повсякденному спілкуванні. Для цього використано джерела з контенту україномовних сайтів, періодичної преси, словників-розмовників тощо. Для моделювання отриманого обсягу текстової множини з метою подальшого прогнозування слів в словосполученнях запропоновано отримані речення з діалогів розбити на N-грами - юніграми, біграми і триграми. Метою побудови N-грамних моделей є визначення ймовірності використання заданої фрази (словосполучення). Цю ймовірність можна задати формально як ймовірність виникнення послідовності слів у деякому корпусі (наборі текстів). Для оцінки цих ймовірностей використовується максимальної подібності.

Запропонована адаптована технологія для введення інформації меншою кількістю клавіш [2]. Вона передбачає для введення використовувати блоки, що складаються із згрупованих букв українського алфавіту в певному порядку слідування: алфавітний, клавіатурний («qwerty»), за частотою використання тощо. Технологія (рис. 1) передбачає, що одним натисканням буде вибрана не конкретна буква, а набір букв, що залежить від поточної розкладки символів по блокам.

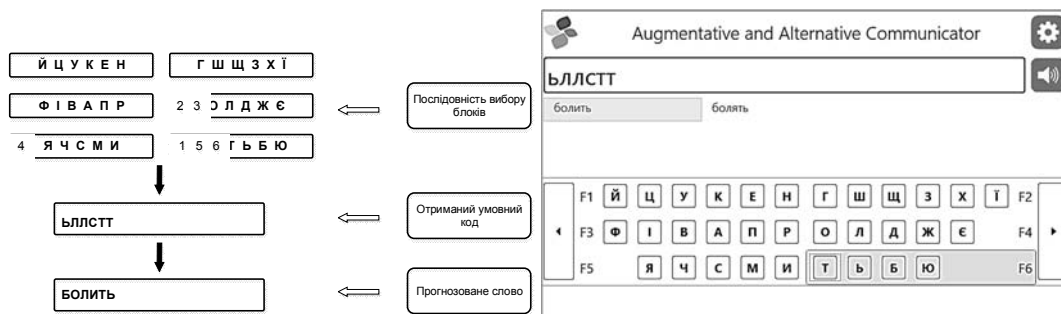


Рис 1. Технологія введення інформації меншою кількістю клавіш

Введене таким чином слово є умовним кодом, отриманим для поточної розкладки символів на клавіатурі. Далі цей код порівнюється з внутрішнім словником, що містить слова або словосполучення (N-грами) і пропонується найбільш ймовірне слово. Подальші дослідження спрямовані на реалізацію запропонованого способу альтернативного спілкування за допомогою стандартних гаджетів (планшети, телефони) з метою використання для організації діалогів з людьми, у яких тимчасово відсутній або ускладнений канал основний вербальної комунікації.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Кривонос Ю.Г. Новые средства альтернативной коммуникации для людей с ограниченными возможностями / Ю.Г. Кривонос, Ю.В. Крак, А.В. Бармак [та ін.] // Кибернетика и системный анализ – 2016. том 52, – № 5. – С.3–13.

2. Крак Ю.В. Система ввода текста для альтернативной коммуникации / Ю.В. Крак, А.В. Бармак, Р.А. Багрий // Проблемы управления и информатики – 2017. – № 3. – С.5–13.

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РІЗНИХ ПЛАТФОРМ

Крилов В.М., Козіна Ю.Ю., Гуляєва Н.О.

Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченко,1,  
yuliyakc@mail.ru

**Вступ.** В даний час створення інформаційних систем, що використовуються у різних галузях науки та техніки, потребує дуже ретельного аналізу технологій їх розробки та тестування. Це пов'язано із збільшенням вимог до якості систем та здатністю працювати під різними платформами. Вибір технологій при розробці та тестуванні інформаційних систем, що дозволять створити кросплатформну систему з високою продуктивністю, швидкістю розробки та якістю – є актуальною задачею.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є проведення аналізу існуючих технологій розробки та тестування інформаційних систем, що працюють під різними платформами.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання:

- огляд методологій TDD та BDD;
- порівняння фреймворків Titanium SDK та PhoneGap;
- аналіз інструментів автоматизованого тестування.

**Основний матеріал.** Розробка через тестування (англ. Test-driven development, TDD) – методологія розробки програмного забезпечення, яка ґрунтується на повторенні дуже коротких циклів які складаються з таких фаз: [1]

- написання автоматичного провального тесту який покриває ще не написаний функціонал;
- написання коду функціоналу, для проходження тесту;
- проводитися рефакторинг коду.

Тест - це процедура, яка дозволяє або підтвердити, або спростувати працездатність коду. Коли програміст перевіряє працездатність розробленого ним коду, він виконує тестування вручну. У даному контексті тест складається з двох етапів: стимулювання коду та перевірка результатів його роботи. Автоматичний тест виконується інакше: замість програміста стимулюванням коду і перевіркою результатів займається комп'ютер, який відображає на екрані результат виконання тесту: код працездатний або код непрацездатний. При цьому відбувається «інверсія відповідальності»: від логіки тестів та їх якості залежить, чи буде код відповідати технічним завданням. Методика розробки через тестування полягає головним чином саме в організації автоматичних тестів і виробленні певних навичок тестування. Розробка через поведінку (англ. Behavior-driven development, BDD) - це еволюційне відгалуження TDD, яке поєднує в собі всі хороші практики з TDD і зводить її слабкі сторони до мінімуму. Дві звичайні причини відмови від TDD - «у нас недостатньо часу для тестування» і «код занадто складний і важко перевіряється». Іншою перешкодою для програмування з попередніми написанням тестів є сама концепція «тест пишеться до коду». Більшість розглядає тестування як відчутну дію, швидше конкретне, ніж абстрактне. Досвід підказує, що неможливо перевірити те, що ще не існує. BDD частково виправляє ці причини, так як концепція полягає в тому, щоб писати тести не до абстрактних функцій, а до функціональних вимог специфікації, і писати ці тести в манері природної мови, що навіть дозволяє в деяких випадках замінити специфікацію тестами в стилі BDD.

Можна сказати, що BDD - це відгалуження TDD в якому слово «тест» замінено на слово «повинен».

Основні принципи BDD:

- назва тестового методу має бути реченням;
- в назвах тестових методів варто включати слово «повинен» (англ. Should). Наприклад, шаблон назви методу – «Клас повинен робити щось» – означає, що ви створюєте тести для даного класу і таким чином ви фокусуєтесь на цьому. Якщо виявляється, що ви пишете тест, чие ім'я не відповідає цим шаблонам, це може означати, що поведінка відноситься до чогось іншого;
- тести пишуться на основі технічного завдання або специфікації ПО.

Серед існуючих фреймворків розробки інформаційних систем під різні платформи можна виділити: Titanium SDK та PhoneGap. Titanium SDK безкоштовний. Має високу переносимість коду та поступається PhoneGap за цим параметром, проте виграє у нього в продуктивності. Швидкості розробки сприяє велика кількість готових рішень «з коробки». Однак якість продукту може постраждати через те, що використана мова javascript асинхронна та в численних вкладених розгалужуваннях програмісту легко помилитися.

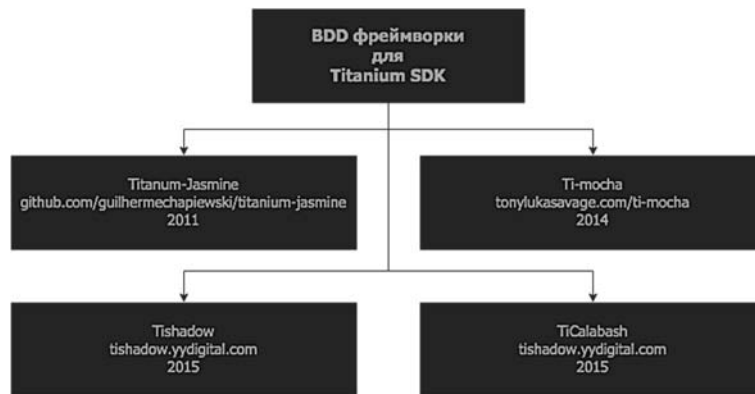
При розробці клієнт-серверних інформаційних систем потрібен інструментарій для створення серверної частини – веб-сервіс зі своїм API. Хоча Titanium SDK і дозволяє написання веб-додатків, але його функціонал призначений для самостійних додатків і написання веб-сервісу на ньому буде не доцільно.

Тому проведемо аналіз потрібного інструментарію. Результатом вибору буде – Node.js [2]. Цей фреймворк повністю безкоштовний, виграє в продуктивності у аналогів за рахунок асинхронності. Швидкість розробки висока за рахунок декількох факторів:

– мова javascript. Одна мова для двох фреймворків дає незаперечний плюс в швидкості розробки, так як програмісту не потрібно буде переключатися з однієї мови на іншу;

– багата бібліотека готових рішень (модулів) npm і мінімум готових рішень у чистій збірці Node.js. Ці два фактори в комплексі дозволяють використовувати тільки ті модулі які потрібні нам для вирішення даного завдання і ніяких зайвих, це особливо корисно якщо враховувати, що нам потрібно створювати за допомогою цього інструменту не цілий веб-сайт, а тільки веб-сервіс і нам не потрібні всякі модулі та заготовки для веб-сайтів як у фреймворків конкурентів (не враховуючи Spring, він так само має високий рівень «модульності»);

Розглянемо інструменти автоматизованого тестування [3], що використовують методологію BDD у форматі: назва, офіційний сайт, рік останнього оновлення (мал.1).



Малюнок 1. Огляд інструментів автоматизованого тестування, що використовують методологію BDD

**Висновки.** У роботі проведено аналіз існуючих технологій розробки та тестування інформаційних систем. Розглянуті такі критерії вибору інструментів програмування та тестування при створенні інформаційних систем для різних платформ: високий відсоток переносимості коду; продуктивність; безкоштовність продуктів; швидкість розробки. Цей критерій рекомендовано використовувати при виборі інструментів для розробки та тестування кросплатформних додатків.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Разработка через тестирование, [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/hub/tdd/>
2. Node js для начинающих [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.nodebeginner.ru/>
3. Блэк Р. Ключевые процессы тестирования. Планирование, подготовка, проведение, совершенствование /Р Блэк. – Москва: Лори. – 2006. – 125 с.

## ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Минаев Ю.Н.,

Национальный авиационный университет,  
Киев, пр-кт космонавта Комарова, 1, Ин-т компьютерных информационных технологий,  
min\_14@ukr.net

Филимонова О.Ю.,

Киевский Национальный университет строительства и архитектуры,  
Киев, пр-кт Воздухофлотский 31,  
filimonova1209@ukr.net

Минаева Ю.И.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
Киев-37, пр-кт Воздухофлотский 31,  
jumin@bigmir.net

Филимонов Г.А.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
Georgfill93@gmail.com

Анализ многомерных временных рядов (МВР) имеет целый ряд особенностей, которые отличают его от анализа числовых последовательностей, хотя очень часто эти особенности не учитываются. МВР относятся к объектам, имеющим супер большие объемы, это обстоятельство заставляет применять тензорные декомпозиции, не только аппроксимирующими исходные данные тензорами низких порядков (сокращение размерности), но и являющиеся источниками скрытых знаний. Сложность проблемы заставляет применять совместно несколько математических моделей, что в ряде случаев приводит к некорректностям [1,2].

Ранее предложенные методы многомерного анализа данных основаны на переформатировании тензора данных (многомерного массива) в матрицу и использования методов, разработанных для классического 2D анализа. Такой "выравнивающий" подход к данным, ограничения, присущие 2D анализу не удовлетворяют требованиям анализа мультимерных супер больших данных.

*Современные нотации и соглашения* основаны на том, что тензор определен как мульти-индексный цифровой массив, вследствие чего порядок тензора определен как количество собственных *направлений* или *размерностей*, причем они могут включать пространство, время, частоту и др. понятия. Вещественнозначный тензор порядка  $N$  обозначается как  $A \in \mathbb{R}^{I_1 \times I_2 \times \dots \times I_N}$ , данные -  $a_{i_1, i_2, \dots, i_N}$ , тогда  $N \times 1$ -вектор считается тензором порядка 1, и  $N \times M$  матрица - тензор порядка два.

**Современное состояние исследований.** В настоящее время анализ МВР направлен на решение проблемы многомерности, решение которой видится в тензорном представлении данных и поиске скрытых знаний, выполняемом методами интеллектуального анализа на основе тензорных декомпозиций. Отдельно стоит вопрос использования инвариантов тензоров для анализа МВР, отметим работы [3,4].

Представление временного ряда (ВР) в виде тензорной модели не только вводит новый объект анализа, но принципиально меняют точку зрения на объект. Судить о поведении ВР в данном случае можно на основании *трендов инвариантов*, вычисленных для отдельных тензор-окон, существует однозначная связь между трендом ВР и трендами инвариантов.

*Тензор-многомерный массив.* Авторами использована общепринятая в тензорном анализе нотация, где тензор  $r$ - порядка индексируется индексами  $r$  и может быть представлен как многомерный массив данных [5,6]. Тензор  $r$ - порядка может быть записан в виде  $A = a_{i_1, i_2, \dots, i_r} \in \mathbb{R}^{n_1 \times n_2 \times \dots \times n_r}$ , матрица считается тензором второго порядка, и вектор - тензор первого порядка. Тензор 3-го порядка может быть изображен как «куб» данных. Ориентация тензора высшего порядка не уникальна, однако она удобна, чтобы ссылаться на «слайс»- тензор как на тензор, сформированный путем сохранения последней индексной константы. Высокопорядковая сингулярная декомпозиция (HOSVD) тензора  $A \in \mathbb{R}^{n_1 \times \dots \times n_d}$  включает обработку матрицы SVD на уровне своих модальных раскрытий  $A(1), \dots, A(d)$ . Результат – представление  $A$  как суммы rank-1 тензоров. 3D Массив может быть представлен: вырезками (слайсами); каждый слайс - матрица (2D массив); каждая матрица – множество данных.

Матричное представление тензора высшего порядка использует матричное раскрытие данного тензора [5,6], т. е., матричные представления данного тензора таким образом, что все вектор-столбцы (вектор-строки и т.п.) упорядочены последовательно. Раскрытие  $(I_1 \times I_2 \times I_3)$ -тензора  $A$  на  $(I_1 \times I_2 \cdot I_3)$  – матрицу  $A_{(1)}$ ,  $(I_2 \times I_3 \cdot I_1)$ - матрицу  $A_{(2)}$ , и  $(I_3 \times I_1 \cdot I_2)$ -матрицу  $A_{(3)}$  (на рис.  $I_1=I_2=I_3=4$ ). Обратим внимание, что определения матричных раскрытий включают измерения тензора  $I_1, I_2, I_3$  на циклической перестановке, имея дело с раскрытием размерности  $I_c \times I_a I_b$ , формально допускают, что индекс  $i_a$  изменяется более медленно, чем  $i_b$ .

### 3. Постановка задачи и укрупненный алгоритм вычисления следового тренда фрагмента МВР

T-тренд МВР рассматривается как тренд инвариантов, в котором тренд следа матричной модели ВР семантически совпадает с трендом ВР, определенным стандартным (НМ) методом [1]. При построении тренда инвариантов использованы 2-е процедуры: покомпонентная процедура и с учетом всех компонент МВР, которые включают:

1- преобразование отдельной компоненты окна МВР в 2D-тензор, рассматриваемый как фронтальный слайс –  $x(:, :, j), j=1, J$ ; формирование 3D –тензора фрагмента  $X^{(f)} = \{x(:, :, 1) | \dots | x(:, :, J), f=1, F; F - \text{количество тензор-окон фрагмента МВР}; \text{вычисление следа тензор-окна } tr^{(f)} = \text{trace}(X^{(f)}), \text{ формирование массива } tr = \{tr^{(f)}\}, f=1, F \text{ и построение линии тренда для указанного множества данных};$

2 – на основании представленной табл. измерений компонент МВР при помощи оператора *reshape* изначально формируется 3D –тензор окна  $X^{(f)} = \{x(:, :, 1) | \dots | x(:, :, J), f=1, F; F - \text{количество тензор-окон фрагмента МВР и выполняется повторение шагов п.1.}$

Способ вычисления тренда одномерного ВР является базовым, тренд МВР вычисляется путем вычисления тренда 3D тензора, сформированного из отдельных компонент МВР. Одномерный (однокомпонентный) ВР  $X^{(t)} = \{x(t_i), i = 1, N$  задан в виде последовательности его фрагментов  $\{X_j^{(t)}(t_i)\}$ ,  $i = 1, I; j = 1, f; j - \text{номер фрагмента, каждый фрагмент состоит из окон } x(t_i), i = 1, I_x$ .

Выполнив данные преобразования и интерпретировав их в MATLAB, авторы пришли к следующим выводам:

Многомерный ВР, рассматриваемый как совокупность окон, может быть адекватно представлен совокупностью тензор-окон: отдельное окно (последовательность значений МВР  $x_k = \{x_{k+1}, \dots, x_{k+f}\}$ ,  $k$ - номер окна,  $f$  – количество элементов ВР (длина окна)) может быть одномерным (сформированным для отдельной компоненты МВР), либо многомерным (сформированным с учетом всех компонент МВР); в 1-ом случае окно преобразуется в либо в 2D тензор с матрицей  $tx_k = \text{reshape}(x_k, m, n)$ ,  $m \cdot n = f$ , либо в 3D тензор с матрицей  $tx_k = \text{reshape}(x_k, m, n, n_1)$ ,  $m \cdot n \cdot n_1 = f$ , инварианты вычисляются по стандартным (для плоских матриц) формулам, либо по формулам, справедливым только для пространстве

1. нных матриц; во 2-ом случае окно преобразуется в 3D тензор с матрицей  $tx_k = \text{reshape}(x_k, m, n, n_1)$ ,  $m \cdot n \cdot n_1 = f$ , инварианты вычисляются по формулам, справедливым только для пространственных матриц.

2. Линии трендов, построенные для одноименных инвариантов, например, для следов, являются семантически эквивалентными в том смысле, что адекватно представляют тенденцию МВР (рост или убывание) независимо от способа представления тензор-окна, хотя уравнения тренда, сохраняя свой тип и форму, имеют различные коэффициенты.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И. Гранулярный компьютеринг в системе нечетких множеств на уровне тензорных гранул// Проблемы информатизации и управления. -2012.- № 4(40). –с.51-61
2. Cichocki, D. Mandic, A.-H. Phan, C. Caiafa, G. Zhou, Q. Zhao, and L. De Lathauwer. Tensor decompositions for Signal Processing Applications. From Two-way to Multiway Component Analysis. IEEE Signal processing Magazine, 32 (2), 2015,145-163.
3. Cichocki A. Era of Big Data Processing: A New Approach via Tensor Networks and Tensor Decompositions. Archives:1403.2048v3 [cs.ET] 6 Jun 2014
4. Kamalja K. K. and Khangar N. V. Singular Value Decomposition for Multidimensional Matrices Int. Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3, Issue 6, Nov-Dec 2013, pp.123-129
5. Brett W. Bader & Tamara G. Kolda. Tensor Decompositions, the MATLAB Tensor Toolbox, and Applications to Data Analysis. Интернет-ресурс: <http://www.sandia.gov/~tgkolda/TensorToolbox/index-2.6.html>
6. T. Kolda and B. W. Bader. Tensor decompositions and applications. SIAM Rev. 51 (2009), no.3, 455–500. Software: MATLAB Tensor Toolbox: <http://www.csmr.ca.sandia.gov/~tgkolda/TensorToolbox>

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО  
ДАНЫМ РАЗНОВРЕМЕННОЙ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ****Мороз Е.Ю., Сериков И.Ю.**

*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,  
пр. Гагарина, 72, г. Днепр, 49010, Украина  
ekaterina.moroz@eosda.com, ivan.serikov@eosda.com*

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) представляет большой интерес для изучения характеристик растительности. ДЗЗ позволяет осуществлять мониторинг и разрабатывать предсказуемые модели эволюции сельскохозяйственных культур. Долгосрочный мониторинг растительности основывается на анализе мультисенсорных разновременных многозональных снимков. Для задач, связанных с изучением поведения растительного покрова Земли, удобно использовать вегетационные индексы, расчет которых опирается на алгебру растровых изображений в различных спектральных каналах [1]. В данной работе предлагается инструмент для автоматизированной оценки динамики изменения растительного покрова, осуществляемой на основе расчета спектральных индексов NDVI, NDWI для временного ряда спутниковых снимков. Инструмент представляет собой программный интерфейс (API), на базе которого создано веб-приложение, которое состоит из:

- Серверного программного обеспечения (API). Здесь осуществляется поиск спутниковых снимков, удовлетворяющих заданной пользователем области интереса; загрузка снимков и их предобработка; расчет индексов и запрашиваемой статистики.

- Клиентского ПО на базе картографического сервиса OpenStreetMap и интерактивных карт Leaflet. Обеспечивает загрузку и отображение области интереса на карте, запрос и визуализацию результатов.

В качестве исходных данных использованы многозональные изображения с открытых источников - спутников Landsat 8 (L1, пространственное разрешение 30 м) [2] и Sentinel 2 (Level-1C, пространственное разрешение 10 м) [3]. Применение различных источников позволяет получать данные с частотой до 5 дней и чаще в случае добавления других источников. Высокая глобальная частота сбора данных и политика свободного распространения делают эти продукты подходящими для картографирования и мониторинга земного покрова. В случае мониторинга больших территорий для заполнения «промежутков» между данными среднего разрешения предлагается использовать в качестве источника данных долгосрочные временные ряды MODIS [4] с пространственным разрешением 250 м. Разработанный инструмент предусматривает интерфейс для подключения архивов данных от других поставщиков спутниковых снимков.

Обработка запроса пользователя начинается с поиска в глобальном индексе изображений, которые удовлетворяют запросу. Ключевыми параметрами поиска являются временной диапазон и покрытие снимком области интереса, которую пользователь задает в виде полигона. После нахождения загружается необходимый минимум объема данных (фрагменты снимков, покрывающие область интереса) и проводится их предобработка: осуществляется радиометрическая коррекция, атмосферная коррекция, маскирование данных вне полигона, отбраковываются или корректируются снимки, на которых в область интереса попали облака, тени от облаков или поврежденные данные [5-6]. Далее осуществляется расчет спектральных индексов и статистики, запрашиваемых пользователем. Результаты расчетов визуализируются в виде графиков. Разработанный инструмент применим для решения практических задач в сфере сельского хозяйства и предоставляет релевантную информацию о динамике растительности в региональном масштабе.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Николаевич Д. Использование данных дистанционного зондирования земли при исследовании многолетней динамики лесных экосистем // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – No 4 (47).
2. National Aeronautics and Space Administration (NASA), Landsat8 Data Users Handbook: <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>
3. European Space Agency (ESA), Sentinel-2 User Handbook: [https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2\\_User\\_Handbook](https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook)
4. NASA Land Data Products and Services, MCD43A4 [https://lpdaac.usgs.gov/dataset\\_discovery/modis/modis\\_products\\_table/mcd43a4](https://lpdaac.usgs.gov/dataset_discovery/modis/modis_products_table/mcd43a4)
5. Chavez P.S. Image-based atmospheric corrections revisited and improved // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1996. Vol. 62.No. 9. pp. 1025–1036.

6. Chavez P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data // Remote Sensing of Environment. 1988. Vol. 24. pp. 459–479.

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИТ-ПРОЕКТАМИ

**Морозов В.В., Остахов В.В.**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,  
г. Киев, ул. Ванды Василевской 24,  
knumvv@gmail.com*

*Университет экономики и права «КРОК»,  
г. Киев, ул. Лагерная 30-32,  
vladimir.ostakhov@gmail.com*

Процессы выработки и принятия решений затрагивают практически все аспекты человеческой деятельности, ибо реализуют основное право любого индивида - право на выбор. В свою очередь, принятие решений является основным видом управленческого труда. Управленческие решения [1] представляют собой результат анализа, прогнозирования, экономического обоснования, оптимизации и выбора оптимального решения из множества альтернативных путей достижения цели. Но чем глобальнее цель и соответственно шире круг ставящихся задач, тем сложнее принять то единственно правильное и эффективное решение. Очевидно, что последствия реализации таких решений могут быть достаточно серьезными и ответственность за их подготовку также высока. В связи с этим возникает проблема разработки систем поддержки принятия решений (СППР), адаптированной к процессам управления ИТ-проектами.

Развитие теории и методов принятия решений в условиях неопределённости и многокритериальное, с одной стороны, и компьютерной техники - с другой, дали мощный толчок развитию компьютерных СППР [2]. Они предназначены для оказания помощи конкретному проектному менеджеру при выработке и принятии решений: во-первых, СППР выступают в роли вспомогательных инструментальных средств, расширяющих возможности проектного менеджера, но не заменяющих его мнение и систему предпочтений; во-вторых, они используются в ситуациях, когда процесс принятия решений ввиду учёта субъективного мнения проектного менеджера не может быть полностью формализован и недостающая информация вносится в конкретную модель принятия решений непосредственно в процессе его диалога с системой.

В основу алгоритма работы, разработанной автором, СППР заложен один из эффективных методов коллективной выработки и принятия решений - метод "Мозгового штурма" [3, 4]. Метод предполагает разделение процесса выработки и принятия решений на два основных этапа:

- На первом этапе производится непосредственно выработка альтернативных путей достижения цели (этап генерации идей). Специально подобранная группа генераторов (например, при помощи анкетирования, тестирования, собеседования и т.д.), которые могут быть совершенно незнакомы, и работать в различных направлениях и сферах деятельности, в результате обсуждения исследуемой проблемы вырабатывают (генерируют) альтернативные варианты её разрешения. При этом предполагается, что, в результате высказывания и обсуждения индивидуальных взглядов членов команды, будет достигнут *синергетический эффект*, т.е. точка зрения одного из генераторов идей, преобразованная и дополненная другим (другими), и сформулированная третьим, станет одним из оригинальных решений по достижению цели. Таким образом формируется набор альтернатив, а при необходимости и методов их реализации, которые анализируются на следующем этапе.

- Второй этап включает в себя оценивание альтернативных решений, предложенных на этапе генерации, командой экспертов (подобранной теми же способами, что и команда генераторов), а также принятие оптимального решения, выбранного с использованием различных методов и критериев принятия решений. Исходя из описанного выше метода выработки и принятия оптимального коллективного решения ("Мозгового штурма"), основные этапы работы СППР могут быть представлены следующим образом:

- Тестирование и определение компетентности членов команд экспертов и генераторов. Для создания сбалансированного и успешно взаимодействующего коллектива (команды) система использует набор тестов, призванных определить уровень интеллекта претендентов, их способность работать в одной команде, а также индивидуальные возможности и наклонности. Анализ компетентности претендентов может осуществляться при помощи само- и взаимооценок.

- Генерация идей - команда генераторов в ходе обсуждения проблемной ситуации и поставленной цели, вырабатывает перечень подцелей и формирует набор альтернативных решений и методов их реализации. Все данные заносятся в создаваемую компьютерную модель принятия решений, и будут использоваться на этапе экспертизы.

- Экспертиза решений - анализ альтернатив производится одним из 3 методов либо их комбинацией:

1) *непосредственная оценка* - эксперт оценивает альтернативы по заранее установленной бальной либо ранговой шкале;

2) *ранжирование* - эксперту предлагается расположить альтернативы по приоритетности в порядке убывания; этот метод применим, если имеется небольшое количество альтернатив, т.к. по утверждению психологов человеческий мозг может одновременно свободно оперировать семь плюс/минус две порции информации (в данном случае одна альтернатива рассматривается как отдельная порция информации) [4];

3) *парное сравнение* — иногда довольно сложно оценить ту или иную альтернативу по определённым показателям, при этом выдержав соответствие оценок альтернативам; в этом случае используется качественная оценка, т.е. все альтернативы попарно сравниваются и в каждой паре определяется более предпочтительная либо делается предположение о их эквивалентности или несравнимости.

Следует отметить, что проведение экспертизы зависит от конкретной проблемной ситуации и соответствующей ей модели принятия решений. *Модель принятия решений, как правило, состоит из 4 основных компонент:*

1) *альтернативные решения*, которые являются объектом оценки (например, при наличии проблемы перерасхода ресурсов могут быть предложены такие альтернативы: увеличение длительности проекта, выделение дополнительных средств для привлечения в проект новых ресурсов, изменение графика производства работ проекта и т.д.);

2) *эксперты*, выступают в роли субъектов оценки;

3) *показатели качества альтернатив*, по которым субъекты оценивают объекты (например, стоимость, потребление ресурсов, временные параметры и т.п.);

4) *фактор неопределённости*, показывающий зависимость показателей качества альтернатив от произвольных внешних условий (к примеру, инфляции, политической нестабильности и т.д.). В связи с этим модель принятия решений может принимать следующие состояния:

- *многокритериальный компромисс* — если используется более одного показателя качества альтернатив и эти показатели определены однозначно;

- *неопределённость* - если используется один показатель качества и при различных внешних условиях он приобретает различные значения;

- *многокритериальный компромисс в условиях неопределённости* - если используется более одного показателя качества альтернатив и при различных внешних условиях они приобретают различные значения;

Выбор оптимального решения с учётом фактора неопределённости выполняется при помощи одного либо комбинации критериев [5,6]: *Лапласа* (недостаточная информация); *Вальда* (пессимизма, обеспечивает выбор из всех наименее предпочтительных альтернатив лучшей); *Сэвиджа* (риска, гарантирует выбор альтернативы, которая имеет наименьший риск); *Байеса по выигрышу* (обеспечивает максимум среднего выигрыша при многократном использовании выбранной альтернативы); *Байеса по риску* (обеспечивает минимум среднего риска при многократном использовании выбранной альтернативы); *Гурвица по выигрышу* (оптимизма-пессимизма, учитывает степень уверенности эксперта или проектного менеджера в успехе); *Гурвица по риску*; *Ходжа-Лемана по выигрышу* (учитывает как вероятностные характеристики, так и личный опыт эксперта или проектного менеджера); *Ходжа-Лемана по риску*; *Крайнего оптимизма* (азартный); *Крайней осторожности* (трусливый); *Расширенный минимаксный*; *Гермеера*; *Произведения*; *Байеса-Лапласа минимаксно расширенный*.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Фатхутдинов Р.А. Разработка управленческого решения. - М.: ЗАО "Бизнес-школа "Интел - Синтез", 1998. - 272 с.
2. Батищев Д.И., Шапошников Д.Е. Многокритериальный выбор с учётом индивидуальных предпочтений. - Нижний Новгород, 1994. - 88 с.
3. Морозов В.В., Остахов В.В. Особливості інтеграції ІТ-проектів для фінансових установ. - Управління проектами: стан та перспективи: матеріали 9-ї міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 17-20 вересня 2013 р.). – Миколаїв: НУК, 2013. – с. 198-200.
4. Гохманн О.Г. Экспертное оценивание. - Воронеж: Изд.-во Воронеж, ун.-та, 1991. -150с.
5. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений: Пер. с нем. - М: Мир, 1990. - 208 с.



6. Тронь А.П., Тронь В.П. Критерии оптимального выбора в неопределённых условиях. - К.: ИУНХ, 1986. - 92 с.

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ

**Попов О.О., Яцишин А.В., Ковач В.О., Артемчук В.О., Алексєєва О.В.**

*Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,  
пр. Палладіна, 34а, м. Київ-142, Україна, 03680*

*Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України,  
вул. Генерала Наумова, 15, м. Київ, Україна, 03164*

*Президія НАН України,*

*вул. Володимирська, 54, Київ, Україна, 01030*

*sasha\_popov1982@mail.ru, andic@ua.fm, valeriakovach@gmail.com,*

*ak24avo@gmail.com, l.alekseeva@ukr.net*

В Україні проблема забруднення атмосферного повітря є дуже гострою. Згідно з результатами дослідження авторів Звіту Програми розвитку ООН «Боротьба зі зміною клімату: людська солідарність в розділеному світі», Україна посідає 18-те місце серед 30 країн за найбільшим об'ємом шкідливих викидів в атмосферу і восьме місце у світі за об'ємами викидів парникових газів (близько 2 % світових викидів цього типу) після США, Росії, Китаю, Німеччини, Японії, Австралії та Індії.

Аналіз фактичного стану повітряного середовища міст України показує, що, незважаючи на різке скорочення (більш ніж утричі) за останні 15 років об'ємів викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, рівень забруднення приземного шару атмосфери (ПША) у містах залишається доволі високим. На сьогоднішній сумарний рівень забруднення повітря у великих і середніх містах України у 24 рази перевищує гранично допустимий рівень і є небезпечним для здоров'я населення [1].

Система моніторингу стану атмосферного повітря (МСАП) України, яка була створена для спостереження за станом атмосферного повітря і підтримки прийняття управлінських рішень щодо забезпечення екологічної безпеки та мінімально можливого ризику для здоров'я населення урбанізованих територій, на жаль, на сьогоднішній день є малоефективною, має значні проблеми та недоліки. Це не дає змоги відповідним контролюючим органам ефективно здійснювати управління якістю повітря на різних рівнях для запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки, що призводить до негативних наслідків для оточуючого середовища, зокрема для здоров'я населення. За таких умов говорити про сталий розвиток важко [1, 2].

З іншої сторони, у червні 1994 р. була підписана Угода про партнерство і співпрацю між Євросоюзом, державами-членами і Україною. В ст. 63 даної угоди зазначається, що в Україні на всіх рівнях має здійснюватись ефективний моніторинг рівнів забруднення та оцінка стану навколишнього середовища, а також має бути створена ефективна система інформації про стан довкілля. Також Україна є учасником понад 70 міжнародних двосторонніх та багатосторонніх угод і конвенцій, виконання яких потребує використання інформації щодо стану навколишнього природного середовища та прогнозування його змін [3].

Для вирішення даної проблеми у 2007 р. Кабінет Міністрів України прийняв постанову «Про затвердження Державної цільової екологічної програми проведення моніторингу навколишнього природного середовища». Метою цієї Програми є забезпечення розвитку єдиної державної системи моніторингу навколишнього середовища, спрямованого на підвищення ефективності її функціонування та рівня інформатизації, технічне переоснащення й вдосконалення нормативно-методичного забезпечення згідно сучасних загальноєвропейських вимог та стандартів. Це стосується всіх компонентів навколишнього природного середовища, і в тому числі атмосферного повітря.

У зв'язку з вищезазначеним для підвищення рівня інформатизації системи МСАП локального рівня України авторами роботи розроблено ряд сучасних спеціалізованих програмно-моделюючих комплексів, які дозволяють швидко та ефективно вирішувати актуальні задачі екологічної безпеки атмосферного повітря на техногенно-навантажених територіях. Такими комп'ютерними системами є [4–9]:

1) Геоінформаційна аналітична система візуалізації медико-екологічного моніторингу України (ГІАСВ МЕМУ).

2) Автономна комп'ютерна система для моделювання та прогнозування техногенних навантажень на атмосферне повітря та персонал від випаровування компонентів бурових розчинів, які використовуються в процесі роботи бурової установки (MAPEDF).

3) Автономна моделююча система для задач моніторингу техногенних навантажень на атмосферу від небезпечних підприємств (MathMapMod).

4) Спеціалізована інформаційно-аналітична система еколого-енергетичного моніторингу (AISEEM).

5) Спеціалізоване інформаційно-аналітичне забезпечення для комплексної оцінки впливу нерадіаційних викидів АЕС України на атмосферне повітря та техногенного навантаження на населення в зонах спостереження електростанцій (СЕМ АЕС).

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблені авторами математичні та програмні засоби дозволяють розв'язувати наступні актуальні задачі комплексного екологічного моніторингу атмосферного повітря на техногенно-навантажених територіях:

– Здійснення неперервного моніторингу атмосферного повітря за штатного та аварійного режимів роботи техногенного об'єкту з відповідним накопиченням, обробкою, збереженням, аналізом, візуалізацією моніторингових даних і результатів моделювання та прогнозування; здійснення оцінки впливу на навколишнє середовище при проектуванні нових підприємств чи їх додаткових потужностей, або реконструкції вже існуючих техногенних об'єктів; оцінка ефективності природоохоронних заходів на техногенному об'єкті; оцінка репрезентативності існуючої на техногенному об'єкті мережі моніторингу або розробка нової оптимальної (за різними критеріями) мережі моніторингу стаціонарних та пересувних постів спостереження.

– Визначення різних сценаріїв виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, пов'язаних із значним хімічним забрудненням атмосферного повітря в зонах розташування потенційно небезпечних об'єктів, що є основою для прийняття управлінських рішень щодо ефективного попередження таких ситуацій.

Розроблені авторами комп'ютерні системи для вирішення задач МСАП задовольняють загальноєвропейським вимогам і в порівнянні з сучасними аналогами мають більшу функціональність при меншій вартості.

Дані програмно-моделюючі комплекси є ефективними інструментами підтримки прийняття рішень в області управління екологічною безпекою атмосфери при її техногенному забрудненні, що підтверджено їх впровадженням в наступні установи: Управління інформаційно-аналітичного забезпечення МНС України, Всеукраїнський науково-дослідний інститут цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, Державне міське підприємство „Івано-Франківськтеплокомуненерго”, Дніпропетровський обласний центр з гідрометеорології, Департамент організації заходів цивільного захисту ДСНС України, відокремлений підрозділ «Науково-технічний центр» державного підприємства «НАЕК «Енергоатом».

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Дудар Т.В. Аналіз стану та перспективи покращення моніторингу атмосферного повітря / Т.В. Дудар, Н.В. Руденко, А.В. Яцишин // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2012. – Вип. 5. – С. 61–71.
2. Яцишин А.В. Комплексне оцінювання та управління екологічною безпекою при забрудненнях атмосферного повітря : дис. доктора технічних наук : 21.06.01 / Яцишин Андрій Васильович. – Київ, 2013. – 402 с.
3. Попов О.О. Впровадження європейських стандартів в державну систему моніторингу довкілля / О.О. Попов, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології», (м. Одеса, 23–25 вересня 2014 р.). – Одеса : «ВМВ», 2014. – С. 299–301.
4. Сердюцкая Л.Ф. Геоинформационная аналитическая система визуализации медико-экологического мониторинга Украины / Л.Ф. Сердюцкая, Ю.В. Зухин, А.В. Яцишин // Збірник наукових праць Інституту електродинаміки НАН України. Спецвипуск. – 2005. – С. 119–122.
5. Яцишин Т.М. Проектування комп'ютерної системи моделювання забруднення повітря випарами бурового розчину / Т.М. Яцишин, О.О. Попов // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 46. – С. 95–101.
6. Попов А.А. Компьютерная система для прогнозирования опасных ситуаций от техногенных выбросов в атмосферу / А.А. Попов // Моделювання та інформаційні технології. Спец. випуск. – 2010. – Т. 3. – С. 48–55.
7. Артемчук В.А. Информационно-аналитическая система эколого-энергетического мониторинга / В.А. Артемчук, О.А. Грибан // Моделювання та інформаційні технології. Спец. випуск. – 2010. – Т. 1. – С. 120–128.
8. Попов О.О. Концепція інформаційно-експертної системи для оцінки екологічного впливу АЕС на навколишнє середовище / О.О. Попов // Матеріали XXXIII Щорічної науково-технічна конференція

«Моделювання», (м. Київ, 15–16 січня 2014 р.). – К. : ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, 2014. – С. 5–6.

9. Попов О.О. Вимоги до програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу АЕС України / О.О. Попов, В.О. Артемчук // Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Екологічна безпека держави» (м. Київ, 16 квітня 2015 р.). – К. : НАУ, 2015. – С. 58.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Рак Т.Є., Михайлюк С.М.

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
вул. Клепарівська 35, м. Львів, 79000  
rak.taras74@gmail.com*

На сьогоднішній день однією з найбільш актуальних проблем техногенної і пожежної безпеки є якість житлових будинків та прибудинкових територій, що визначається не тільки строком служби будівель та їх оснащення пожежними системами безпеки, але і фізичною безпекою жителів та комфортністю їх проживання [1-3]. В останні роки у зв'язку зі значним ростом обсягів житлового будівництва з застосуванням сучасних технологій, новітніх матеріалів та монтування сучасних систем протипожежної безпеки, оцінка якості житлових будівель відчувається особливо гостро. На цей час практично відсутні сучасні комплексні методики оцінки і моніторингу технічного стану будівлі та прибудинкової території у сучасному місті, а також відсутні обґрунтовані рекомендації по обранню конкретних факторів для оцінки техногенної та пожежної безпеки житлових будівель, які б дозволили провести експертну оцінку з високою якістю. Крім того, значною проблемою є збережені великі обсяги різнорідних даних (кількісні, категоріальні, порядкові, тощо), що отримані з систем моніторингу техногенної та пожежної безпеки, які потребують обробки для подальшого прийняття рішень.

На даний час для обробки такого роду даних використовуються здебільше статистичні методи, які не дозволяють проаналізувати дані в цілому та виявити приховані нелінійні залежності. Таким чином, актуальною проблемою є створення та застосування нових інтелектуальних інформаційних технологій, що дадуть змогу обробити дані великого обсягу, які спотворені різного роду викидами та не вільні від пропусків і дадуть змогу проводити комплексний моніторинг техногенної та пожежної безпеки житлових будівель та прибудинкових територій. При обробці різнорідних даних великого обсягу на перший план виходять методи обчислювального інтелекту, а саме методи нечіткої кластеризації, що дозволяють виявити нелінійні приховані залежності та прийняти те чи інше рішення. В цьому випадку аналізу підлягали такі фактори як, географічне розташування будівлі, матеріали стін будівлі (цегла, бетон, моноліт, панелі, багатошарові панелі), конфігурація даху, вид сходів (сходові клітки, незадимлювальні сходові, евакуаційні сходові), наявність засобів протипожежного захисту (автоматична сигналізація, протипожежні засоби, димовидалення) та їх справність, наявність /відсутність газу, близькість до магістралей (авто, залізничних, газогонів, нафтопроводів), наявність енергозберігаючих технологій, знаходження в зоні імовірної надзвичайної ситуації на підприємствах, АЕС та інші.

Структурна схема запропонованої інтелектуальної інформаційної технології наведено на рис. 1.



Рис. 1. - Структурна схема запропонованої інтелектуальної інформаційної технології

У якості методів кластеризації використовуються адаптивні on-line методи нечіткої ймовірнісної та можливісної кластеризації [4]. Практична цінність запропонованої інтелектуальної інформаційної технології оцінки техногенної та пожежної безпеки складається у високій обґрунтованості і адекватності прийняття рішення за умов неточності початкової інформації, мінімізації часових та фінансових затрат, а також мінімізації впливу суб'єктивного людського фактору при проведенні комплексної оцінки даних моніторингу. Проведено імітаційне моделювання, результати якого підтверджують доцільність підходу, що розвивається.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Tofiłoa P., Koneckib M., Gałajc J., Jaskółowski W., Tuśnioe N., Cisek M. Expert system for building fire safety analysis and risk assessment // *Procedia Engineering*. – 2013. – 57. – P. 1156 – 1165.
2. Xin J., Huang Ch. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management // *Fire Safety Journal*. – 2013. – 62. – P. 72–78.
3. Максимів О.П., Рак Т.Є., Пелешко Д.Д. Аналітичний огляд методів детектування вогню засобами комп'ютерного зору // *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2016. – 5. – С. 318-325.
4. Бодяньський Є.В., Пелешко Д.Д., Винокурова О.А., Машталір С.В., Іванов Ю.С. Аналіз та обробка потоків даних засобами обчислювального інтелекту. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 236 с.

### МЕТОД СИНТЕЗУ БАРКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК

Різник О.Я., Балич Б.І., Ковалик В.П., Ментинська Ю.С.

*Національний університет „Львівська політехніка”,  
79013, Львів, вул.Бандери 12,*

*riznyk@meta.ua, balych@lp.edu.ua, itvs.ikni@gmail.com, julia711vp@gmail.com*

#### Вступ

Відомі переваги шумоподібних сигналів, такі як висока завадостійкість по відношенню до вузькосмугових перешкод великої потужності, можливість розділення абонентів за кодовою ознакою, скритність передачі, висока стійкість до багатопроменевого поширення і навіть висока роздільна здатність при радіолокаційних і навігаційних вимірах, зумовили їх використання в різних системах зв'язку і визначення місця розташування.

#### Постановка проблеми

Вибір псевдовипадкової кодової послідовності в радіотехнічній системі передачі інформації дуже важливий, оскільки від її параметрів залежить посилення обробки системи, її завадостійкість, чутливість. При одній і тій же довжині кодової послідовності, параметри системи можуть бути різні за захищеністю від перешкод, швидкістю передачі і т. п. Щоб використовувати шумоподібні сигнали, кодові комбінації повинні бути наділені певними математичними характеристиками, основною з яких є автокореляція. Саме коди Баркера відповідають цим вимогам. Відомо, що спроби знайти коди Баркера з кількістю елементів  $m > 13$  вирішення не мають [2]. Таким чином, коди Баркера можна використовувати лише для сигналів з відносно невеликою базою. Тому актуальною є розробка алгоритму побудови баркероподібних кодів з кількістю елементів  $m > 13$  на основі числових лінійок-в'язанок (ЧЛВ) [1].

#### Розв'язання задачі

Послідовність Баркера – це ряд, що складається з  $N$  елементів  $a_j$  для  $0 \leq j \leq N$ , які мають

значення  $+1$  та  $-1$  і чергуються так, що виконується умова  $\left| \sum_j^{N-v} a_j a_{j-v} \right| \leq 1$ , де  $1 \leq v \leq N$ .

Автокореляційна функція (АКФ) сигналу  $s(t)$ , локалізованого в часі і кінцевого по енергії, є кількісною інтегральною характеристикою форми сигналу, і визначається інтегралом від добутку двох копій сигналу  $s(t)$ , зрушених відносно один одного на деякий час  $t$ :  $B_s(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) s(t+\tau) dt$ . АКФ є скалярним добутком сигналу і його копії у функціональній залежності від змінної величини значення зрушення  $t$ . Сигнали, база яких змінюється відповідно до коду Баркера, є унікальними фазоманіпульованими сигналами. Модуль їх автокореляційної функції має мінімально досяжний однаковий рівень бічних пелюсток.

Методика побудови на основі ЧЛВ за критерієм мінімального значення функції автокореляції дискретного сигналу полягає в наступному:

- вибрати варіант ЧЛВ заданого порядку  $N$  необхідної довжини  $L_N$  кратності  $R$  [1];
- побудувати  $L_N$ -позиційний код  $\mu_i$ ,  $i=1,2,\dots,L_N$  з однорівневою періодичною функцією автокореляції на базі вибраного варіанту ЧЛВ  $(k_1, k_2, \dots, k_l, \dots, k_N)$ , де на  $N$  позиціях коду з порядковими номерами  $x_l$ ,  $l=1,2,\dots,N$ , які визначаються з формули  $x_l \equiv 1 + \sum_{i=1}^l k_i \pmod{L_N}$ , розмістити символи "1", а на решті  $L_N - N$  позиціях - символи "-1" [2].

#### Висновки

За допомогою розробленого програмного комплексу був проведений пошук код з числом дискретів більше 13. Були знайдені унікальні баркероподібні коди для фазоманіпульованих сигналів завдовжки більше 13 періодів, що мають, для даного числа дискретів, мінімально досяжний рівень бічних пелюсток функції кореляції. Таким чином показана можливість побудови баркероподібних кодів за допомогою ЧЛВ моделей, створення ефективних алгоритмів їх побудови.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. - Львів, 1989.
2. Різник О.Я., Стасевич С.П., Парубчак В.О., Скрибайло-Леськів Д.Ю. Швидкий синтез подібних кодів Баркера. Праці міжнародної конференції з математичного моделювання AMSE'2007, м.Алушта, с.23-24.

### СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

**Різник О.Я., Кинаш Ю.Є., Повшук О.В., Онисько О.М.**

*Національний університет „Львівська політехніка”,  
79013, Львів, вул.Бандери 12,  
riznyk@meta.ua, alefox.pov@gmail.com, kynash@ukr.net, olena.onisko@gmail.com*

#### Вступ

Однією з нових перспективних технологій є технологія бездротових сенсорних мереж (БСМ). Ця технологія настільки універсальна, що її можна використовувати практично у всіх сферах діяльності людини. Завдяки широкому спектру використовуваних датчиків є змога контролювати різноманітні показники. Можливість передавати дані від одного вузла до іншого дозволяє розгортати БСМ на десятки тисяч квадратних кілометрів. Основним завданням при розробці таких проектів є забезпечення надійного зв'язку, швидкої доставки пакетів даних з мінімізацією енергоресурсів.

#### Постановка проблеми

Головна проблема роботи обумовлена декількома факторами: на даний момент відсутні єдині стандарти для проектування бездротових сенсорних мереж. Кожне завдання вимагає особливого підходу до вибору топології мережі, алгоритмів передачі даних, способів їх обробки і т. п.; поточні розробки розраховані на побудову мереж дуже великих розмірів, які є найбільш вимогливими до оптимальних налаштувань системи, а саме розташування елементів. Тому метою моєї роботи є мінімізація витрат енергоресурсів вузлів бездротової сенсорної мережі за рахунок оптимального їх розташування.

#### Розв'язання задачі

Для досягнення поставленої мети були висунуті наступні завдання: аналіз існуючих систем моделювання БСМ та вибір найбільш придатної системи розташування; визначення критерію порівняння розташування елементів БСМ; розробка методу розташування елементів БСМ; тестування і порівняння нового методу розташування елементів БСМ з іншими методами.

Новизна роботи полягає в розробці нового комбінаторного методу розташування елементів сенсорної мережі, який дозволить мінімізувати енерговитрати при передачі даних між вузлами за допомогою пошуку оптимального розташування елементів сенсорної мережі. Основним математичним апаратом досліджень, який використовується в даній роботі є методи комбінаторного аналізу, зокрема теорія полів Галуа, а також алгебрична теорія в'язанок.

Серед великої різноманітності нееквідистантних комбінаторних структур особливий інтерес становлять двовимірні числові лінійки-в'язанки (ЧЛВ), на основі яких будується топологія БСМ. Багатовимірні комбінаторні конфігурації типу ЧЛВ доцільно представляти у вигляді координат точок  $t$  -

вимірного простору, де необхідно знайти координати заданого числа  $N$  точок на ґратках деякого  $t$ -вимірного паралелепіпеда. Різниця всіх пар координат повинні бути різними і зустрічатися не більше  $R$  разів на множині всіх існуючих пар точок при умові мінімальних розмірів  $t$ -вимірного паралелепіпеда.

Були досліджені методи синтезу двовимірних, трьохвимірних та  $t$ -вимірних ЧЛВ. При цьому значний інтерес представляє генерація багатовимірних ЧЛВ на основі  $N$  елементів одновимірних ЧЛВ мінімальної довжини  $L_N$ , значення послідовностей сум яких не можуть утворюватися більш як одного разу, що, в свою чергу, дає змогу реалізувати числову послідовність у вигляді  $t$ -вимірної ЧЛВ з параметрами  $l_1 \times l_2 \times \dots \times l_t \leq L_N$  [1].

У загальному випадку різним варіантам багатовимірних ЧЛВ можуть відповідати будь-які одновимірні ЧЛВ. Однак найбільший інтерес становлять дослідження компактних багатовимірних ЧЛВ, тобто, таких ЧЛВ, які мають максимальну кількість елементів в просторі  $l_1 \times l_2 \times \dots \times l_t \leq L_N^R$  [2]. Це вимагає проведення ґрунтовних досліджень методів генерації багатовимірних ЧЛВ на основі вищезгаданого підходу. Предметом досліджень є дво- та тривимірні моделі і методи оптимізації на їх основі структури БСМ.

#### Висновки

У ході виконання роботи були зібрані і вивчені матеріали про технології розташування елементів БСМ, про системи побудови моделей таких мереж. Практичне значення отриманих результатів нового методу розташування елементів БСМ дозволить оптимально вибирати структуру БСМ та маршрути передачі даних, що забезпечить більш ефективну роботу мережі і сенсорних вузлів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. - Львів, 1989.
2. Різник О.Я., Балич Б.І. Використання числових лінійок-в'язанок для кодування інформації. Інститутський вісник “Комп’ютерні науки та інформаційні технології”, 2006. с.62-64.

### АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕМОЦІЙ З МЕТОЮ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

**Рухолла О., Павлюк О.М.**

*Національний Університет «Львівська Політехніка»,  
м.Львів, вул. Степана Бендера 12,  
ruholkin@gmail.com*

У зв’язку з нестабільною ситуацією у світі, швидкий ріст технологій та можливостей сприяє створенню нових видів захисту як для майна окремого члена суспільства, так і для населення в цілому. Багато компаній та організацій зацікавлені у створенні засобів для розпізнавання обличчя, які б могли не тільки виявляти обличчя та посмішки людей, але й допомагали існуючим системам захисту. Таких бібліотек налічується більше десятка на широкому ринку, проте вони використовуються в основному для розпізнавання посмішок, обличчя у камерах та для розблокування смартфона.

Виходячи з цих даних, постає завдання проаналізувати можливості існуючих бібліотек та застосувати їх з метою захисту населення. Оскільки зростає потреба у захисті населення від терористичних актів та суїцидів, такі системи виступають основними засобами попередження та допомогою правоохоронним органам у виявленні підозрілих осіб.

Серед існуючих засобів варто відзначити наступні:

- Google Face API. Надає засоби для пошуку об’єктів на фотографіях і відео. Ця інфраструктура включає в себе детектори, які визначають і описують візуальні об’єкти в зображеннях або відеокадрах, і API, керований подіями, який відстежує становище цих об’єктів в відео. В даний час Face API включає в себе детектори особи, штрих-коду і тексту, які можна застосовувати окремо або разом. Виявлене обличчя передається в позиції з відповідним розміром і орієнтацією екрана. Як тільки обличчя виявлено, на ньому можна шукати орієнтири, такі як очі і ніс. Face API розпізнає обличчя в діапазоні різних кутів,  $+60^\circ$  відносно осі X та  $+45^\circ$  відносно осі Y. Орієнтири включають: очі, основу носа, кутики губ, середину нижньої губи, скули, мочки вух. Хоч бібліотека і лідирує серед інших по впізнаванню обличчя та виявленню посмішки, однак для більш глибокого виділення емоцій вона не підходить.

- Face ++. Це нова візуальна платформа, створена компанією Megvii Inc. Вона надає швидкий, потужний і крос-платформний візуальний сервіс. Face ++ використовує новітню технологію комп’ютерного бачення і отримання даних для того, щоб надати сервіс розпізнавання обличчя. Він є

безкоштовний і компанія не застосовує жодних лімітів на кількість API запитів. Однак, є ліміт на кількість одночасних API запитів. Ця платформа визначає на обличчі людини 83 орієнтири. Використовується в основному у платіжних системах та в системах підтвердження особи. Основним недоліком, окрім неточності результатів в порівнянні з Face API, є прив'язка до єдиної бази даних та необхідність попереднього внесення користувача до неї. Так як необхідно надсилати запит, очікувати результат і у розробника немає доступу до орієнтирів, така платформа непридатна для розпізнавання емоцій.

- Microsoft Face API. Хмарний сервіс, що надає найдосконаліші алгоритми розпізнавання обличчя. Face API має дві основні функції: визначення обличчя з атрибутами і розпізнавання осіб. Face API виявляє до 64 людських обличчя з високоточним розташуванням особи на зображенні. Можна передавати як зображення, так і пряме посилання. Прямокутник особи, який показує місце розташування особи на зображенні, повертається разом з кожним виявленим обличчям. Сервіс повертає ряд пов'язаних з особою ознак, таких як поза, стать, вік, позиція голови, волосся, окуляри і емоції разом з 27 орієнтирами для кожної особи на зображенні. Хоч цей сервіс і передбачає передачу зображення до бази даних, розробник має доступ до орієнтирів та інших даних про зображення, включаючи ряд примітивних емоцій, таких як злість, радість, сум тощо, які повертаються у вигляді ймовірностей.

Варто згадати про Пола Екмана, експерта з мікроекспресій обличчя, дослідження та публікації якого стали приводом для створення засобів розпізнавання емоцій. Інша компанія iMotions займається розробкою автоматизованої системи для виявлення емоцій людини. Ця система надає дані з мікродатчиків, такі як зміна голосу, міміки обличчя, відведення погляду тощо, які допомагають оператору під час виявлення та дослідження емоцій людини.

Microsoft Face API є оптимальним сервісом для розробки системи з виявлення емоцій з метою захисту населення. Даний сервіс повертає у JSON-файлі дані про обличчя на зображенні, включаючи розміщення 27 орієнтирів: зиниці, кінчик носа, кутики рота, зовнішні та внутрішні кінці брів, зовнішні та внутрішні кутики очей, середина верхньої та нижньої повік, основа та крила носа, верхня та нижня точка кожної губи. Дані про кожен орієнтир – це координати точки на зображенні.

Особливості міміки обличчя людини, яка збирається здійснити акт насилля проти інших людей, виявляються у наступному: крила носа роздуті, ніс злегка зморщений, брови зведені та припідняті, очі прищурені (рис. 1.1-1.3).



Рис. 1.1 – 1.3. Основні точки на обличчі для виявлення агресії

Таку систему доцільно застосовувати у місцях з великою кількістю людей, наприклад, у аеропорту, чи торговому центрі. Також її можна застосовувати у місцях з великою кількістю суїцидів для їхнього попередження. Особливість такої системи в тому, що їй необхідно визначити лише одну емоцію серед великої кількості людей та надіслати попередження оператору. Система з деякою періодичністю повинна надсилати запит і проводити аналіз отриманих даних. Так як сервіс Face API повертає обведення обличчя у вигляді прямокутника, це полегшує завдання для їх накладання та порівняння. Порівнювати готові результати для визначення потрібних емоцій варто наступним чином. Виконувати пошук по єдиній базі користувачів не є доцільним через затрати часу, а створення потужної багатопроцесорної системи буде занадто затратно. Найефективнішим методом буде не створення 3-Дпрототипу обличчя й порівняння з ним, а виділення основних типажів обличчя. Для визначення приналежності до певного типажу варто використовувати Face API від компанії Google, яка працює локально та не вимагає надсилання зображення до сторонніх сервісів, що дозволяє зекономити час.

Загалом виявлення потрібної емоції системою складається з наступних кроків:

1. Система отримує зображення з камер відеоспостережень.
2. Система застосовує Face API від Google для виявлення обличчя на цих зображеннях та виконує їх порівняння з основними типажми.
3. Система надсилає зображення до Microsoft Face API.
4. Система отримує результати та порівнює необхідні точки на обличчі з такими ж точками на обличчі того ж типу.
5. У випадку виявлення небезпеки оператору надсилається повідомлення для подальшого прийняття рішення.

**Висновки.** Проаналізовано основні засоби для розпізнавання обличчя та обрано оптимальні для розробки системи розпізнавання емоцій з метою захисту населення. Система не вимагає багато коштів для розробки, проте необхідно забезпечити якісне зображення для виявлення осіб даними засобами, що вимагає якісного обладнання для відеоспостереження. Така система може працювати з деякою періодичністю через необхідність надсилати дані у сторонній сервіс, але зважаючи на те, що дані засоби постійно розвиваються, не виключено подальший перехід системи на локальну роботу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. MicroExpressions. <http://www.paulekman.com/micro-expressions/>
2. Face ++. <https://www.faceplusplus.com/>
3. Face Detection Concepts Overview. <https://developers.google.com/vision/face-detection-concepts>
4. Microsoft Face API. <https://www.microsoft.com/cognitive-services/en-us/face-api/documentation>.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗДІБНОСТЕЙ АБІТУРІЄНТІВ

Рябчун<sup>1</sup> Ю.В., Черниш<sup>2</sup> Л.М.

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури,  
м. Київ,  
nona-11@bigmir.net

<sup>2</sup>Всеукраїнський науково-педагогічний проект "Інтелект України"

**Вступ.** Ідентифікація – неперервний процес самоототожнення людини з іншою людиною чи групою людей або цінностями, що існують у суспільстві. Ідентифікація розглядається вченими як процес соціалізації особистості [1], що нелінійно розвивається протягом усього життя і має складну структуру. Професійна ідентифікація є одним із важливих в житті людини способів само актуалізації в сфері професійної діяльності, важливою лінією життєвого і особистісного самовизначення [2]. Проведені дослідження сучасних методів і засобів ідентифікації здібностей та досягнень абітурієнтів показали, що досі не існує єдності думок у визначенні психологічного змісту та закономірностей процесу професійної ідентифікації, а основне місце в психодіагностичній практиці в нашій країні займають зарубіжні тести інтелекту. Разом з тим, вітчизняні дослідники, закликаючи до створення нових методів діагностики інтелекту, відзначають важливу роль подальшого вивчення його природи і структури. В описаних умовах особливо актуальними і доцільними лишаються задачі розробки та впровадження в процес професійної ідентифікації інтелектуальних систем підтримки прийняття рішення (СППР), що ґрунтуються на ідентифікації здібностей абітурієнтів при виборі напрямку навчання, які можуть не лише виконувати запрограмовану послідовність дій над детермінованими даними, а здатні узагальнювати та аналізувати інформацію, адаптуватися до її змін, спілкуватися з користувачем-абітурієнтом [3].

**Постановка задачі.** Метою роботи є моделювання процесу підтримки прийняття рішення абітурієнтів при виборі напрямку навчання у вищому навчальному закладі.

**Основний матеріал.** В даній роботі процес самоототожнення та соціалізації абітурієнта на стадії «вибір напрямку навчання» розглядається як один з етапів життєвого циклу особистості (рис.1).

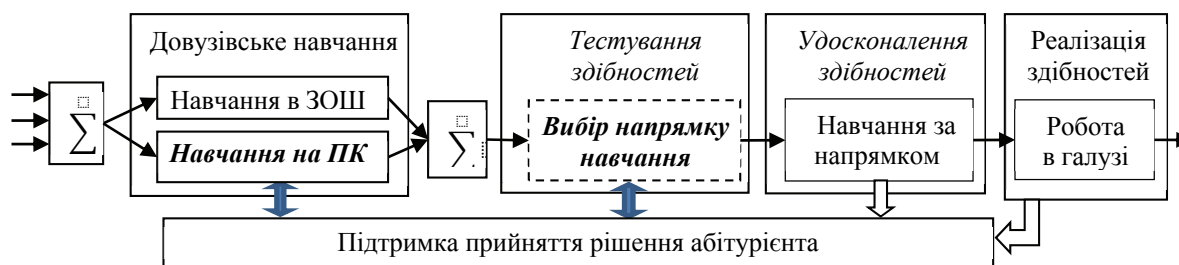


Рис.1. Основні етапи життєвого циклу особистості:

↑ ↓ – та – відображають взаємодію абітурієнта з СППР та зворотній зв'язок на основі якого будуть формуватися моделі для ідентифікації професійних здібностей абітурієнтів;  $\Sigma$  – символізує суміш показників, що характеризують здібності і досягнення абітурієнта.

На рисунку також прийняті скорочення: ЗОШ – загально освітня школа; ПК – підготовчі курси.

При переході від довузівського навчання до навчання за напрямком у вищому навчальному закладі передбачається прийняття рішення на основі професійної ідентифікації, яка може відбуватися протягом різних часових проміжків, і підтримуватись різними СППР.



Проведені online-дослідження існуючих інформаційних систем (ІС) ідентифікації здібностей абітурієнтів на запит «профорієнтаційна діагностика абітурієнта» рекомендують звернутися до автоматизованої системи «Комплексна профорієнтаційна діагностика «Абітурієнт» [3]. Дана ІС є вітчизняною інноваційною розробкою, що схвалена Міністерством освіти і науки України [4] та не має альтернатив. Натомість для ідентифікації здібностей і досягнень абітурієнтів використовують заходи і засоби, в основу яких покладено різні тести здібностей і тести досягнень [2, 5]. Слід зазначити, що вибір напрямку навчання за результатами досягнень не завжди відповідає здібностям і внутрішнім потребам особистості, що в подальшому житті може призвести до внутрішніх конфліктів і суттєво погіршити його якість. І, навпаки, якщо професійна ідентифікація корелює з природними здібностями, людини має більше можливостей для їх реалізації. Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено доцільність розробки СППР, основним призначенням якої буде підтримка прийняття обґрунтованого рішення абітурієнтів в процесі само актуалізації на етапі вибору напрямку навчання.

Якість функціонування зазначеної СППР, в першу чергу, залежить від надійності роботи підсистеми професійної ідентифікації, яка забезпечується не стільки аналізом оцінок шкільних досягнень, скільки ефективністю інформаційної взаємодії користувача з системою (рис. 2).

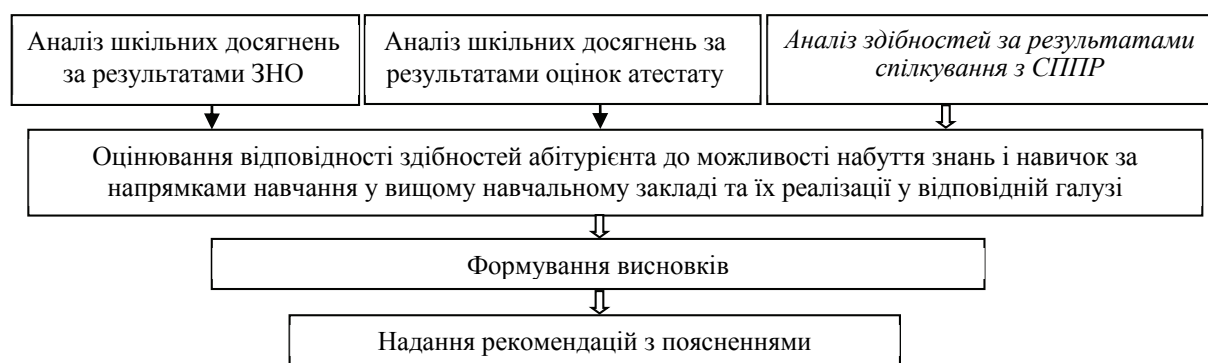


Рис. 2. Структура процесу ідентифікації здібностей абітурієнта

При розробці підсистеми ідентифікації здібностей абітурієнтів однією з основних проблем, на думку авторів, є оцінка впливу довузівського навчання і виховання на природні здібності абітурієнта. Виявити цей вплив можливо тільки в результаті спілкування з користувачем. Аналіз сучасних інформаційних систем профорієнтаційної діагностики показав, що їх робота ґрунтується на різних тестах здібностей і досягнень.

Відмінність між тестами здібностей (ТЗ) і тестами досягнень (ТД) абітурієнтів відображаються на континуумі, з одного боку якого – тести шкільних досягнень, що розроблені шкільними вчителями для оцінювання знань, а з іншого – тести інтелекту, психологічної готовності або тести спеціальних здібностей для прогнозування успішності в конкретних галузях, що розроблені спеціалістами довузівської підготовки відповідних навчальних закладів. Такі тести здібностей, як "Тест академічного оцінювання" (SAT) і "Письмові іспити для аспірантів" (GRE), знаходяться в середині цього континууму і являють собою множину нечітких даних, що потребують класифікації. До багатofакторних ТЗ також належать: "Комплексна батарея здібностей"; "Батарея здібностей Гілфорда-Циммермана"; "Міжнародна батарея тестів первинних чинників"; "Національні тести готовності" (MRT); "Тест базисних понять Бозна". Існують також тести спеціальних здібностей для прогнозування успішності в конкретних галузях діяльності, що оцінюють канцелярські і стенографічні здібності, зір і вміння навчатися, слух, механічні здібності, музичні й артистичні здібності, креативність. Для відбору абітурієнтів використовують: "Тест академічних здібностей" (SAT); "Тестову батарею Програми тестування американських коледжів" (ACT); "Тест для вступників до юридичної школи" (LSAT); "Тест для вступників до медичного коледжу" (MCAT), які відображають вимоги до спеціалістів певної галузі, але жоден з них не враховує вимоги до спеціалістів, наприклад, будівельної галузі та попит будівельних навчальних закладів України.

Окрім будівельних, існує достатня кількість інших спеціальностей, для здобуття яких необхідні певні здібності, які бажано виявити в процесі спілкування користувача з системою на етапі вибору напрямку навчання. Обґрунтування вхідних характеристик, що адекватно відображають здібності до засвоєння специфічних знань і умінь за різними напрямками навчання в різних галузях і визначення кількісної міри вагомості та пріоритетності кожної характеристики, а також надання рекомендацій щодо вибору напрямків навчання з поясненнями логіки на етапі накопичення даних пропонується здійснювати на основі досвіду спеціалістів в галузі та знань викладачів дисциплін зі спеціальності.

При накопиченні достатньої кількості результатів тестування передбачається автоматизація процесу професійної ідентифікації здібностей абітурієнта.

**Висновки.** Аналіз процесу професійної ідентифікації особистості на етапі вибору напрямку навчання у вищому навчальному закладі показав необхідність впровадження автоматизованих засобів самоотожнення та самовизначення абітурієнтів.

Встановлено, що першочерговою задачею при розробці зазначених засобів є обробка неповних і нечітких даних, які СППР накопичує в результаті спілкування з користувачем. Тому, подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз математичних моделей і методів формалізації інформації та ідентифікації даних, які нададуть змогу автоматизувати процес професійної ідентифікації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бородулькіна Т.О. Вплив образу професії на становлення професійної ідентичності особистості // Проблеми загальної та педагогічної психології: Збірник наукових праць Інституту психології ім. Г.С. Костюка АПН України / За ред С.Д. Максименка. Т. IX. 4.2. – К., 2007. – 420 с.
2. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. – М., Издательство “Наука”, 1994 г.
3. <http://cleverdia.com/index.php?lang=uk>
4. [http://cleverdia.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17&Itemid=112&lang=uk](http://cleverdia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=112&lang=uk)
5. Палій А. А. Диференціальна психологія: Навчальний посібник / А. А. Палій. – К.: «Академвидав», 2010. – 432 с.

### БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

**Стрямець С.П., Цимбал Ю.В., Балич Б.І., Сидоренко Р.В.**

*Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Ст. Бандери, 12, Львів, 79013,  
sergijstr@gmail.com*

Синтез систем управління енергоефективністю технологічних процесів зводиться до рішення задачі інтеграції існуючих готових апаратних і програмних засобів, оскільки розробка та виготовлення нових вимагає значних коштів і часу. При розв’язанні задачі інтеграції необхідно враховувати багато факторів, а саме: інформацію про компоненти, які є на ринку, технічні характеристики готових компонентів, відповідність інтерфейсів компонентів стандартам, можливості їх придбання та ін.

Ефективна робота багаторівневих систем управління енергоефективністю технологічних процесів (БСУЕТП) вимагає опрацювання великих обсягів різнотипної інформації. Зменшення цих обсягів досягається наближенням засобів опрацювання до джерел надходження інформації (давачів, первинних перетворювачів) та виконавчих механізмів шляхом використання розподілених мікроконтролерних систем.

У зв’язку з цим особливої актуальності набуває проблема розробки та синтезу апаратно-програмних компонент БСУЕТП з використанням сучасної економічно обґрунтованої елементної бази [1].

Основними задачами сучасних багаторівневих систем управління технологічними процесами є дистанційне налаштування, контроль, управління виконавчими механізмами та процесами в цілому. Виконання таких задач передбачає збір даних, створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією, опрацювання даних, формування сигналів управління виконавчими механізмами та управлінських рішень для операторів. В такій системі кожний рівень виконує свої задачі, які зв’язані з підвищенням ефективності системи в цілому. Особливостями роботи БСУЕТП повинні бути: висока гнучкість налаштування, можливість дистанційного контролю, а також використання компонентно-орієнтованих протоколів для взаємодії між компонентами системи.

Апаратно-програмні компоненти БСУЕТП повинні забезпечувати: збір даних; створення єдиного інформаційного простору з достовірною, повною та оперативною інформацією; опрацювання даних; формування сигналів управління та коректних управлінських рішень для операторів; контроль виконавчих механізмів. Для забезпечення перерахованих вимог розроблена базова структура БСУЕТП [2], яка складається з трьох рівнів:

- збору даних та управління виконавчими механізмами;
- контролю та управління технологічними процесами;
- операторського контролю та формування управлінських рішень.

Специфіка кожного рівня системи управління технологічними процесами визначається апаратно-програмними компонентами [3]. На кожному ієрархічному рівні управління розв’язуються задачі відповідного рівня складності і використовуються відповідні базові апаратно-програмні компоненти.

На нижньому рівні відбувається збір даних та управління виконавчими механізмами. На цьому рівні формується первинна інформація, яка може попередньо опрацьовуватися, накопичуватися та надходити

на засоби контролю. З використанням цієї інформації формуються сигнали для управління виконавчими механізмами та технологічними процесами. Для попереднього опрацювання даних із давачів в умовах завод і неповної інформації можуть використовуватися мікроконтролери сімейства STM8.

Рівень контролю та управління технологічним процесом передбачається як достатньо автономний, який при відсутності зв'язку з верхнім рівнем здатний тривалий час без втрати інформації працювати автономно. На цьому рівні можуть використовуватися мікроконтролерні системи RaspberryPi та Arduino, програмовані логічні контролери Mitsubishi Melsec FX3U, засоби візуального контролю та управління технологічним процесом [1].

#### ЛІТЕРАТУРА:

3. Цмоць І.Г., Стрянець С.П., Зербіно Д.Д. Багаторівнева система управління технологічними процесами // Вісник Хмельницького національного університету. – 2016. – № 4. – С. 139-145.
4. Медиковський М.О., Цмоць І.Г. Цимбал Ю.В. Інформаційна система для управління енергоефективністю у м. Львів // Актуальні проблеми економіки. – 2016. – №1 (175) – С. 379-384.
5. Цмоць І.Г., Демида Б.А., Гульовата Х.Г. Багатоканальний пристрій з буферизацією даних для автоматизованих систем управління технологічним процесом з промисловою мережею // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Збірник науково-технічних праць. – 2009. – Вип. 19.5. – С. 275-284.

*Довідь підготовлена за результатами НДР «Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону».*

## СИМЕТРИЯ В КОМБІНАТОРНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ

Тимофієва Н.К.

*МННЦ ІТiС НАНУ та МОН України 03022, Київ, просп. Ак. Глушкова, 40,  
E-mail: Tymnad@gmail.com*

**Вступ.** Описується властивість симетрії, яка має місце в комбінаторній оптимізації. Показано, що симетрична зміна значень цільової функції для максимальних та мінімальних величин залежить від симетрії комбінаторних множин.

**Постановка задачі.** В літературі розглядаються симетрії розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини [1]. Ця комбінаторна конфігурація є аргументом цільової функції в різноманітних задачах розбиття, зокрема в задачах класифікації та кластеризації. Досить ґрунтовно виділяють та досліджують групи симетрії на перестановках, визначають їхній порядок [2]. Також проводиться спроба використати властивість симетрії при прийнятті оптимальних рішень в багатокритеріальній оптимізації. Але в літературі симетрія упорядкованих комбінаторних множин не аналізується. Закономірність зміни значень цільової функції в залежності від їхньої симетрії також не розглядається.

**Підхід, що пропонується.** Для дослідження цільової функції та виявлення симетрії в комбінаторній оптимізації використовуються підкласи розв'язних задач із різних класів. Аналізуються задачі, вхідні дані в яких задано прямими та оберненими функціями натурального аргументу, які симетричні по відношенню одна до другої. Визначення симетрії комбінаторних множин проводиться з використанням побудованих за певними правилами скінченних послідовностей.

**Симетрія комбінаторних множин.** Симетрія передусім геометричне поняття, однак воно застосовується також щодо негеометричних об'єктів у математиці та інших науках. В залежності від типу перетворень розрізняють різні її види [3]. Найпростіші види симетрії – дзеркальна та осьова. Для вивчення різних видів симетрії використовують геометричний та алгебраїчний підходи (теорія груп). В теорії груп в залежності від перетворень виділяють такі види симетрії: перенос, відображення, поворот, ковзна симетрія, обертання, гвинтова симетрія тощо. Симетрії характеризуються розміром, а число елементів групи називають порядком групи. Симетрії можуть бути точними або наближеними.

В комбінаториці також присутня симетрія як точна так і наближена, зокрема вона властива комбінаторним множинам. Її математичне формулювання проводимо з використанням скінченної послідовності чисел, яка будується за заданими правилами. Розглянемо симетрію, яка ґрунтується на рівності двох частин певного об'єкту. Уявна площина, яка ділить такий об'єкт навпіл, називається площиною симетрії. Під наближеною симетрією в комбінаториці маємо на увазі скінченну послідовність чисел, значення яких збільшуються до найбільшого з них, а потім зменшуються (або зменшуються до найменшого, а потім збільшуються). Площина, яка проходить через найбільше (або найменше) число послідовності, ділить її на дві частини, значення яких від центру рівномірно зменшуються (або збільшуються), але ці частини необов'язково дзеркально симетричні. При точній симетрії уявна площина

ділити послідовність чисел по найбільшому (або найменшому) числу або проходить між двома найбільшими (найменшими). Дві розділені частини – дзеркально симетричні.

Комбінаторні множини, крім перестановок, упорядковуються ізоморфними підмножинами (їхні елементи – ізоморфні комбінаторні конфігурації). Для упорядкованих за певними правилами таких підмножин визначимо кількість комбінаторних конфігурацій. З цих чисел побудуємо упорядковану скінченну послідовність [4]. Покладемо  $n=7$ . Для сполучення без повторень отримаємо скінченну послідовність: 1, 7, 21, 35, 35, 21, 7, 1. Для розбиття натурального числа вона має вигляд: 1, 3, 4, 3, 2, 1, 1. Для розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини – відповідно 1, 63, 301, 350, 140, 21, 1. Тобто, множина сполучень без повторень характеризується точною симетрією, а наведені інші – наближеною. У множині перестановок, які упорядковані за певними правилами, можна виділити підмножини, в яких перестановки симетричні по відношенню одна до другої.

**Симетрія в комбінаторній оптимізації.** Розглянемо симетрію, яка має місце в комбінаторній оптимізації. Задачі комбінаторної оптимізації задаються однією  $A$  або кількома множинами, наприклад  $A$  та  $B$ . Вагою назвемо величину, яка визначає залежність, що існує між елементами  $a_s \in A$  та  $b_l \in B$  або між елементами однієї і тієї ж множини,  $s \in \{1, \dots, n\}$ ,  $l \in \{1, \dots, \tilde{n}\}$ ,  $n$  – кількість елементів множини  $A$ ,  $\tilde{n}$  – кількість елементів множини  $B$ . Покладемо, що  $n = \tilde{n}$ . Значення ваг між елементами множин  $A$  та  $B$  задамо однією або двома симетричними або несиметричними матрицями  $C$  та  $Q(w^k)$ , де  $Q(w^k)$  – комбінаторна матриця,  $w^k \in W$  – аргумент цільової функції (комбінаторна конфігурація),  $k \in \{1, \dots, q\}$  – порядковий номер  $w^k$  у їхній множині  $W$ . Структуру вхідних даних змодельємо функціями натурального аргументу  $\varphi(j)_1^m$  та  $f(j)_1^m$ , одна з яких комбінаторна  $\beta(f(j), w^k)_1^m$ , де  $n = n'$  (для симетричної матриці  $m=n(n-1)/2$ ). Цільову функцію запишемо в такому вигляді:

$$F(w^k) = \sum_{j=1}^m \beta_j(f(j), w^k) \varphi(j) \quad (1)$$

**Означення 1.** Назвемо прямою та оберненою функції, які симетричні відносно лінії, паралельної осі абсцис або осі ординат. Якщо ці функції монотонні або лінійні то паралельна лінія проходить через точку їхнього перетину.

Пряма та обернена функції мають однакові множини визначення та множини значень. Для прямої функції натурального аргументу  $\varphi(j)_1^m = (1, \dots, m)$  оберненою є  $\varphi(j)_1^m = (m, \dots, 1)$ . Тобто, ці функції симетричні одна відносно другої. Також, для перестановки  $w = (1, 2, \dots, n-1, n)$  перестановка  $\tilde{w} = (n, n-1, \dots, 2, 1)$  – симетрична.

Для прямих та обернених функцій натурального аргументу утворимо послідовність розв'язків для різних класів задач комбінаторної оптимізації, які розв'язуються на множині перестановок, (задача про призначення, розміщення одногабаритних модулів, комівояжер). Сформулюємо таку теорему.

**Теорема 1.** Якщо в задачі комівояжера вхідні дані задано прямою монотонно-незростаючою функцією натурального аргументу, то значення цільової функції (1) на певному впорядкуванні перестановок змінюється як кусково-монотонна неспадна. Якщо вхідні дані задано оберненою монотонно-неспадною функцією натурального аргументу до заданої прямої, то значення цільової функції (1) на цьому ж упорядкуванні перестановок змінюється як кусково-монотонна незростаюча функція.

З цієї теореми випливає, що для певного впорядкування комбінаторних множин (аргументу цільової функції) послідовність розв'язків  $F = (F_1, \dots, F_q)$ ,  $F_j \leq F_{j+1}$ , отриманих для прямої функції натурального аргументу є оберненою до послідовності розв'язків  $\tilde{F} = (\tilde{F}_1, \dots, \tilde{F}_q)$ ,  $\tilde{F}_j \geq \tilde{F}_{j+1}$ , отриманих для оберненої функції натурального аргументу. При цьому значення  $F_j$  та  $\tilde{F}_j$  обчислене для одного і того ж аргументу  $w^k \in W$ .

**Теорема 2.** Для задач комбінаторної оптимізації, які розв'язуються на множині перестановок, послідовність розв'язків  $F = (F_1, \dots, F_q)$ ,  $F_j \leq F_{j+1}$ , побудованих для прямих функцій натурального аргументу (періодичних, опуклих), симетрична послідовності розв'язків  $\tilde{F} = (\tilde{F}_1, \dots, \tilde{F}_q)$ ,  $\tilde{F}_j \geq \tilde{F}_{j+1}$ , побудованих для обернених функцій натурального аргументу (періодичних, вгнутих).

**Висновок.** Отже, в задачах комбінаторної оптимізації, вхідні дані в яких задано прямими та оберненими функціями натурального аргументу, послідовність розв'язків  $F = (F_1, \dots, F_q)$ , отриманої для прямої функції натурального аргументу, симетрична послідовності  $\tilde{F} = (\tilde{F}_1, \dots, \tilde{F}_q)$ , отриманої для оберненої функції натурального аргументу. Ця властивість в комбінаторній оптимізації пов'язана із симетрією комбінаторних множин (аргументу цільової функції). Якщо дослідити перестановки в упорядкованих за певними правилами підмножинах, то можна побачити, що їхнє розміщення в них характеризується осью або дзеркальною симетрією.

Отримані результати можна використовувати при розв'язанні задач комбінаторної оптимізації різних класів для аналізу зміни значень цільової функції в залежності від структури вхідних даних з урахуванням симетрії комбінаторних конфігурацій.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа / А.Н. Колмогоров, С.В. Фомин. – М.: Наука, 1981. – 543 с.
2. Фрид Э. Элементарное введение в абстрактную алгебру / Э Фрид. – М.: Мир. 1979. – 230 с.
3. Наварро Хоакин. Зазеркалье. Симметрия в математике. Мир математики. Том 17 / Хоакин Наварро. – Москва, 2014. – 159 с.
4. Тимофієва Н.К. Знакові біологічні простори та симетрії в комбінаториці та біології / Н.К. Тимофієва // Теорія прийняття рішень Праці VII міжнародної школи-семінару. Ужгород, 29 вересня – 4 жовтня, 2014 р. – Ужгород, 2014. – С. 248–249.

### ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ ЗНІМКІВ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ КОМП'ЮТЕРА

**Федоров О.О., Селін Ю.М.**

*ФІОТ, НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”,  
vsnrain@gmail.com*

Аналіз комп'ютерної пам'яті - це аналіз знімку оперативної пам'яті комп'ютера для встановлення всіх операцій що проводились під час знімку. Він зазвичай використовується для аналізу прихованих атак на комп'ютери, коли інших артефактів не залишилося на жорсткому диску, або якщо потрібно відновити інші цінні артефакти для розслідування, такі як мережеву активність, активності всіх процесів у системі, відкриті файли, ключі шифрування (які існують тільки в енергозалежній пам'яті), і т.д.

Процес створення знімку комп'ютерної пам'яті включає в себе копіювання вмісту енергозалежної пам'яті в енергонезалежну пам'ять. Це один з найважливіших етапів в процесі криміналістичної експертизи комп'ютерної пам'яті. Якщо щось піде не так з методом збору пам'яті, знімок пам'яті може бути зіпсованим і не принести користі для аналізу. Це призведе до втрати важливих артефактів розслідування, деякі яких є незамінні (тобто які не можуть бути отримані з інших джерел), і будуть втрачені назавжди.

Знімок оперативної пам'яті комп'ютера може бути отриманий з працюючої системи з використанням різних методів, які мають власні переваги і недоліки. Деякими з них є:

- знімок з гіпервізора;
- файл сплячого режиму;
- файл аварійного знімку;
- знімок зсередини операційної системи;
- знімок спеціалізованим обладнанням.

Будь-яка активно використовувана інформація, дані, або апаратне забезпечення, буде працювати через ОЗУ під час використання системи. Це саме те, що робить аналіз оперативної пам'яті таким важливим при проведенні цифрової криміналістичної експертизи.

Артефакти оперативної пам'яті включають в себе будь-яку частину даних, які використовуються програмним забезпеченням або апаратним пристроєм. Залежно від експертизи розслідування, список можливих артефактів, отриманих з працюючого комп'ютера, може бути досить великим. Будь яке введення або виведення інформації з комп'ютерної програми буде проходити через пам'ять. Перебування інформації в оперативній пам'яті буде залежати від розміру оперативної пам'яті і необхідності комп'ютера розміщувати нову інформацію в раніше зайнятій, але більше не використовуваній, секції оперативної пам'яті.

Сучасні операційні системи використовують такий механізм як “віртуальна пам'ять”. Він працює, надаючи кожному процесу свій власний безперервний адресний простір. Управління віртуальними адресними просторами і привласнення реальної фізичної пам'яті віртуальній пам'яті здійснюється

операційною системою. З точки зору знімку комп'ютерної пам'яті це призводить до високої розрідженості сторінок пам'яті для кожного процесу.

Найбільш поширеним способом створення знімку пам'яті є використання спеціального розширення ядра, оскільки це один з найбільш часто доступних способів отримання знімків пам'яті в загальному процесі криміналістичного аналізу. Знімок пам'яті отриманий таким чином може мати внутрішні протиріччя в зв'язку з тим, що процес знімку пам'яті займає деякий час, протягом якого працююча система буде модифікувати інші частини пам'яті. Це може призвести до того, що певний об'єкт чи структура у певний час у пам'яті може бути не таким як був тоді коли на нього посилався інший об'єкт чи структура, зібраний у інший час, чи навіть зовсім не існувати. Такі невідповідності в методах збору оперативної пам'яті, заснованих на програмному забезпеченні, були описані в деяких роботах, але саме їх вплив на результати криміналістичного дослідження досі є невивченими і потребують подальшого дослідження.

## ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ПІДТРИМКУ РОЗРЯДУ ГРУНТУ У СКЛАДІ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ

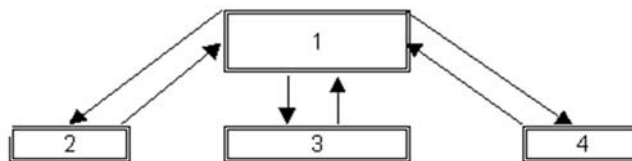
Чайковська Є.Є.

Одеський національний політехнічний університет,  
пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044, E-mail: eechaikovskaya@gmail.com

**Вступ.** Теплонасосне енергопостачання на основі нетрадиційних джерел низькопотенційної енергії, наприклад, енергії ґрунту, дозволяє частково замінити природне паливо. У зв'язку із значною тепловою акумулюючою ємністю ґрунту підтримка розряду ґрунту щодо підігріву розсолу ускладнена недостовірним використанням вимірювання температури ґрунту [1, 2]. Підтримка функціонування теплонасосного енергопостачання з використанням енергії ґрунту повинна відбуватись у складі інтегрованої динамічної системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник, випарник – компресор, компресор – конденсатор теплового насосу щодо прогнозування зміни температури ґрунту для встановлених рівнів функціонування при вимірюванні температури розсолу на виході із випарника теплового насосу [3, 4].

**Мета роботи.** Розробити структурну схему підтримки розряду ґрунту у складі динамічної системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник теплового насосу щодо прийняття рішень на зміну витрати розсолу на основі зміни частоти обертання електродвигуна циркуляційного насосу; встановити точний початковий та кінцевий термін розряду ґрунту.

**Основна частина роботи.** На основі методологічного та математичного обґрунтування підтримки функціонування енергетичних систем на рівні прийняття рішень [3, 4] запропонована архітектура інформаційної теплонасосної системи, основою якої є інтегрована динамічна підсистема – (ґрунтовий теплообмінник– випарник, випарник – компресор, компресор – конденсатор) та блоки розряду, заряду, оцінки функціональної ефективності, що знаходяться в узгодженій взаємодії з динамічною підсистемою.



**Рис. 1.** Архітектура інформаційної теплонасосної системи: 1 – динамічна підсистема (ґрунтовий теплообмінник– випарник, випарник – компресор, компресор – конденсатор); 2 – блок розряду; 3– блок заряду; 4 – блок оцінки функціональної ефективності

Запропоновано прогнозування зміни температури ґрунту при вимірюванні температури розсолу на виході із випарника теплового насосу. З цієї ціллю розроблена математична модель динаміки динамічної системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник теплового насосу. Передатна функція за каналом: «температура ґрунту – витрата розсолу», що здобута в результаті рішення системи нелінійних диференціальних рівнянь, дозволяє оцінювати зміну температури ґрунту як у часі, так і вздовж довжини теплообмінника, прокладеного в ґрунті, при зміні витрати розсолу [4]. Встановлено наступні рівні функціонування динамічної системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник теплового насосу щодо зміни температури розсолу на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника, відповідно: перший рівень: (-15)-(-10) °С; другий рівень: (-10)-(-5) °С; третій рівень: (-5)-0 °С, четвертий рівень: 0-5 °С. З використанням передатної функції та при вимірюванні температури розсолу на виході із випарника теплового насосу отримано функціональні інформаційні оцінки (1-4) зміни температури ґрунту щодо прийняття рішень [4].

Так, на основі інформаційних оцінок (1), (2) можливо приймати рішення на збільшення чи зменшення витрати розсолу, відповідно, з використанням зміни частоти обертання електродвигуна циркуляційного насосу. Встановлено наступні рівні витрат розсолу: 0,34 кг/с, 0,233 кг/с, 0,18 кг/с, 0,148 кг/с, що відповідають четвертому, третьому, другому та першому рівням функціонування, відповідно. Здобуття ж результуючої інформації (3) свідчить про завершення розряду ґрунту та потребує відключення системи опалення. Здобуття інформації (3) відповідає досягненню температури розсолу на вході в ґрунтовий теплообмінник гранично низького рівня – (-1,5)°С. Подача ж 0,34 кг/с розсолу підтверджена здобуттям результуючої інформації (4) щодо входження в допуск четвертого рівня функціонування системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник теплового насосу на початку опалювального сезону.



Рис. 2. Структурна схема прийняття рішень щодо розряду ґрунту у складі динамічної системи: ґрунтовий теплообмінник – випарник теплового насосу

На рис. 2:  $t$  – температура ґрунту, К;  $t_{р.вх.}$ ,  $t_{ре.вх.}$  – функціональна та еталонна температура розсолу на вході в ґрунтовий теплообмінник, К;  $G_s$  – витрата розсолу, кг/с;  $CT$  – контроль події;  $\tau$  – час, с. Індекси:  $c$  – контроль працездатності;  $i$  – число рівнів функціонування теплонасосної системи;  $с. р. в.$  – стає розрахункове значення температури ґрунту першого рівня функціонування.

**Висновки.** Підтримка розряду ґрунту на основі прогнозування зміни температури ґрунту надає можливість, наприклад, при виробництві 47 ГДж/рік теплоти знизити собівартість виробництва теплоти та термін окупності теплонасосної системи в межах 15-25 %. Економія електричної енергії за рахунок частотного регулювання електродвигуна циркуляційного насосу в грошовому еквіваленті складає до 30 % від загальної економії, що забезпечена заміщенням природного газу [4].

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Rees, S. J. An introduction ground – source heat pump technology [Text] / S. J. Rees // Advances in Ground – Source Heat Pump Systems. – 2016. – p. 1 – 25. doi: 10.1016/b978-0-08-100311-4.00001-7.
2. Xingjie, Dong, Bo, Gu. A new method to determine the thermal properties of soil for vertical-borehole ground- source heat pump systems [Text] / Dong Xingjie, Gu Bo // Heat Transfer Research. – 2015. – Vol. 46. – p. 417 – 427. doi:10.1615/heattransres.2014007228.
3. Чайковська, Є. Є. Інформаційні технології підтримки функціонування енергетичних систем на рівні прийняття рішень [Текст] / Є.Є. Чайковська // Збірник тез доповідей IV українсько-німецької конференції «Інформатика. Культура. Техніка» . – Інформаційні системи та технології. – 30.06.– 02.07, 2016, м. Одеса, Україна. – С.32 – 33.
4. Чайковська, Є. Є. Розробка методу підтримки розряду ґрунту в теплонасосному енергопостачанні [Текст] / Є.Є. Чайковська // Технологический аудит и резервы производства. – 2016. – №4/1 (309). – С. 33 – 39. DOI: 10.15587/2312-8372.2016.74705.

**ОНТОЛОГІЯ ТА КОНТЕКСТ В БЕЗПЕЦІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ****Чаплінський Ю.П.**

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України,  
проспект Академіка Глушкова, 40, Київ, 03680, Україна,  
cyuriy60@hotmail.com*

Сучасні технології харчової промисловості, вимоги безпеки харчових продуктів ланцюга поставок продуктів харчування від ферми до столу, вимоги до харчової логістики, продажів продуктів харчування, зберігання продуктів харчування, вимоги щодо зниження ризиків використання продуктів харчування та виникнення хвороб харчового походження, необхідність підтримання громадського довіри до безпеки харчових продуктів і продовольчої постачання, необхідність збільшення експортних можливостей харчової галузі є сучасними завданнями розвитку харчової галузі. Наявні підходи до реформування традиційної системи управління безпечністю харчовими продуктами не можуть вважатись достатньо ефективними оскільки вони не визначають і адекватно не вирішують багатьох існуючих проблем, не можуть забезпечити ефективне реагування на швидкий розвиток і зміни, що привносять ймовірні ризики, не завжди враховують під час прийняття рішень найновіші наукові дані та наслідки для суспільства, не охоплюють та не розповсюджуються на весь харчовий ланцюг.

Сучасні вимоги до безпеки продуктів харчування визначають необхідність контролювати весь ланцюг виробництва харчового продукту. Це базується на використанні інструменту управління (НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Point)), що забезпечує більш структурований підхід до ідентифікації та контролю визначених небезпечних чинників, у порівнянні з традиційними методами, такими як інспектування або контроль якості.

У цьому контексті важливим кроком є реалізація засобів щодо комп'ютерної підтримки інформаційного та методологічного забезпечення для створення і супроводу впровадження системи та процедур системи безпеки продуктів харчування, заснованих на принципах НАССР.

В рамках такої реалізації системи безпеки продуктів харчування необхідно підтримати всі етапи прийняття рішень від проведення аналізу та визначення небезпечних факторів та відповідних заходів з контролю, ідентифікації та визначення критичних контрольних точок з врахуванням вимог законодавства, галузевих рекомендацій, настанов з кращих практик та підтверджених власних досліджень до визначення коригувальних заходів та аналізу їх впровадження, підтвердження правильності роботи системи.

Слід також зазначити, що знання в складних предметних областях, якою є безпека продуктів харчування, дуже швидко змінюються або застарівають, з'являються нові задачі та нові методи розв'язання, то для розв'язання різних прикладних задач необхідно мати розвинені засоби для управління, доставки та використання знань. При цьому необхідно використовувати та враховувати когнітивні знання ("знаю, що"); прикладні знання застосування ("знаю, як"); системне розуміння ("знаю, чому"); особисту мотивацію ("хочу знати, чому").

Підтримка прийняття рішень в цих умовах вимагає необхідності врахування специфіки прикладної області, особливості системи управління, що представляється через структуру та склад результатів функціонування системи, ресурсних та ринкових можливостей.

Будемо розуміти під підтримкою прийняття рішень інтелектуальну комп'ютерну технологію посилення можливостей ЛППРа в процесі спостереження за станом проблемної області, діагностики проблемних ситуацій і цілей, планування дій і генерації способів їх реалізації, формування раціональних варіантів рішень з використанням як методів прийняття рішень і оптимізації, так і використання експертних знань.

В таких умовах набуває великого значення розробка та інтеграція засобів підтримки прийняття рішень, управління і поширення інформації та знань з засобами та технологіями реалізації задач безпеки харчових продуктів. При цьому це відбувається з врахуванням вимог всіх зацікавлених сторін, ринкових умов, стандартів та законодавства, ланцюга поставок, вимог до ризиків при виробництві та переробки продуктів харчування і т.д.

Для забезпечення особливостей процесу прийняття рішень при розв'язанні прикладних задач використовувалася методологія розробки систем підтримки прийняття рішень, основою якої є контекст та онтологія, як засіб явного розуміння та представлення предметних областей і процесів прийняття рішень та інтеграції методів системного, процесного та ситуаційного аналізу.

Під онтологією будемо розуміти систему, що описує структуру певної проблемної області, і що складається з множини класів понять, зв'язаних стосунками, їх визначень і аксіом, що задають обмеження на інтерпретацію цих понять в рамках даної проблемної області. Сьогодні вже існують певні онтології, які стосуються безпеки продуктів харчування, наприклад, FoodWiki, AGROVOC, Open Food Facts, Food Product Ontology, ONTO-FP.



Реалізація процесів прийняття рішень та інтеграція складових прийняття рішень базується на представленні багаторівневої системи управління та прийняття рішення в ній через модель деякого контексту. Використання онтології [1] надає можливість використання контексту, що базується на структурованих знаннях проблемної області. Мета такої онтології полягає в тому, щоб забезпечити інтегровану концептуальну основу для того, щоб визначити, зрозуміти, структурувати та представляти явища при прийнятті рішень за допомоги СППР.

Для представлення задач прийняття рішень та реалізації процесу прийняття рішень будемо використовувати взаємопов'язану множину онтологій прийняття рішень, що представляє собою багаторівневу асоціативну структуру [1], яка включає наступні онтології: метаонтологію; базова онтологію; контекстну онтологію; множину онтологій представлення процесу прийняття рішень; онтологію реалізації; онтологію представлення користувача та взаємодії з ним.

Контекст є важливим фактором у процесі прийняття рішень, допомагає визначити, яка інформація необхідна для підтримки прийняття рішень та представляється множиною взаємопов'язаних компонентів. Контекст визначається як конструкція, яка складається з понять в межах відповідних контекстних областей. Таким чином, можна визначити, що контекст необхідно розглядати як динамічну множину відношень, наприклад, між людиною, їх діяльністю та умовами, в яких вони існують. Під контекстом будемо розуміти будь-яку інформацію, яка може бути використана або характеризує процес розв'язання проблемних задач [2]. Контекст будемо визначати як конструкцією, яка складається з понять в межах відповідних контекстних областей. При цьому онтологія контексту включає область мети/результату, область актора (людина, програмне забезпечення, технічна система), область процесу/дії, область об'єкту, область середовища, область можливостей, область засобів, область представлення, область розташування та область часу. Контекстні поняття взаємозв'язані між собою через контекстні відношення, включаючи внутрішньобласні, міжобласні та міжконтекстні відношення.

Метою розробленої онтокоерованої інформаційної системи підтримки безпеки харчових продуктів була розробка механізму поширення інформації до кінцевих користувачів шляхом створення інтелектуальної інформаційної системи (включаючи структуру та склад інформації та знань, методи доступу, доставки та обробки) для питань, що пов'язані з безпекою продуктів харчування. Така система базується на онтологокерованих підходах, методах та алгоритмах, що реалізують ланцюг «інформація-консультация-прийняття рішень-навчання».

Для реалізації такого ланцюга використовуються модель поширення (концептуалізація неявних знань, виявлення та видобуток їх, формулювання та фіксація їх в тій чи іншій формі), модель поєднання (інтеграція окремих знань, опису процесу отримання навичок в єдине ціле (систему), створення основи знань та поширення кращих практик), модель та процеси інтерналізації (перетворення явних знань в неявну форму ((у власні знання, навички, вміння, досвід і т.д.))), модель соціалізації (формування і передачу неявних знань в колективних формах (дискусії, семінари, команди тощо)) [3] з урахуванням інтеграції систем підтримки прийняття рішень та аспекти управління знаннями.

Інформаційне забезпечення включає в себе різні аспекти, такі як а) знання та інформацію з виробництва та переробки; б) аспекти безпеки харчових продуктів, включаючи стандарти, закони, небезпеки, навчальні матеріали і т. п. Розроблена система надає можливість управляти різними інформаційними об'єктами, такими як новини, ринки, компанії, навчальні можливості, гранти, стандарти, закони, попередження, поради, небезпеки, актуальні питання і т. п.

Основними зацікавленими учасниками в системі безпеки продуктів харчування були визначені: виробники та переробники харчових продуктів, споживачі продуктів харчування, регуляторні органи (законодавчі, регіональні тощо) та вони є основними користувачами інформаційної системи. Інформаційні потреби цих зацікавлених сторін поділені на: технічні, комерційні (бізнесові), навчальні та загальні.

Запропоноване онтологічне та контекстне представлення покладене в основу реалізації інформаційної системи, що базується на використанні контексту та онтологій та реалізована як складова частина Вірмено - Американського проекту з технічної допомоги в галузі безпеки продуктів харчування.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Чаплінський Ю.П. Онтологічні складові підтримки прийняття управлінських рішень. / Чаплінський Ю.П. // Наукові праці НУХТ. – 2013 – № 48. – с. 65-68.
2. Dey A. K. Understanding and using context. // Personal and Ubiquitous Computing – 2001. – V. 5. – № 1. – P. 4–7
3. Nonaka, I. The knowledge-creating company / Nonaka, I., Takeuchi, H. – New York: Oxford University Press, 1995. – 284 p.

**АЛГОРИТМИ СЕЛЕКЦІЇ І ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДРІЗКІВ ПРЯМИХ З ВОХ  
МЕТОДОМ НА КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ****Шелевицький І.В., Ткаченко Є.В.***Криворізький економічний інститут ДВНЗ  
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»,  
50051, Кривий Ріг, вул.Медична, 16,  
sheleviv@gmail.com, admin@tk.edu.ua*

В багатьох задачах комп'ютерного зору виникає потреба у виділенні на зображеннях відрізків прямих ліній [1]. Задача ускладнюється, якщо лінії не чітко окреслені, розмиті, частково закриті іншими об'єктами або захвані у шумі. Основним інструментом для виділення ліній на зображеннях є перетворення Хафа та його модифікації. Застосування перетворення Хафа потребує попередньої підготовки зображення, аби зменшити рівень шумів та підкреслити лінії. Як правило застосовують методи виділення контурів на зображеннях. Аби зменшити ефект "розмивання" застосовують порогові процедури й отримують у підсумку бінарні зображення до яких вже і застосовують перетворення Хафа. При цьому успіх виділення відрізків суттєво залежить від вдалої попередньої обробки. Складність процедури обробки суттєво ускладнює виділення відрізків ліній на відео зображеннях у реальному часі. В умовах попередньої фільтрації для виділення контурів та бінаризації півтонових та кольорових зображень складно виконати попередню селекцію пікселів на зображенні, які потребують уваги й можуть містити потрібні відрізки. Авторами запропоновано ВОХ перетворення, схоже на рандомізоване перетворення Хафа (RTH-Random Hough Transform) [2] в тому сенсі, що відображаються прямі які проходять через пари точок. ВОХ перетворення відрізняється тим, що відображаються усі прямі що проходять через пари точок і відображення відбувається у точки у квадраті обмеженого розміру [3]. Повна реалізація перебору пар точок потребує значних ресурсів і має складність  $O(N^2)$ . Тому бажано уникнути повного перебору усіх пар точок і обмежитися парами, які задовольняють певним простим критеріям. Спрощеним варіантом такого підходу є здійснення перетворення у вікнах.

Автори пропонують алгоритми ВОХ відображення бінарних, півтонових і кольорових растрових зображень із попередньою селекцією пар точок на зображеннях, та пов'язаною із цією селекцією селекцію і у квадраті відображення. Найбільш очевидними критеріями для селекції пар точок є відстань між точками, відстань в кольорі і відстань в яскравості. Селекція може відбуватися із застосуванням порогів значень вказаних відстаней та із врахуванням значень відстаней при акумулюванні точок у квадраті відображення. Такий підхід породжує велику кількість можливих варіантів реалізації алгоритмів. Тому розглянемо найбільш загальний алгоритм з якого можна отримати його спрощені (й більш відповідні умовам реалізації конкретних задач) алгоритми.

Кожній парі точок зображення  $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$  відповідають відстані  $(e_{ij}, c_{ij}, v_{ij})$  між точками в координатному просторі, кольоровому просторі та яскравості. Для відстані можна використовувати різні метрики: евклідову, суму модулів, максимальну або інші. Відстані порівнюються із граничними значеннями і якщо задовольняють умовам пара точок відображається в точку з координатами  $(\alpha_{ij}, \beta_{ij})$  в квадраті відображення. На практиці точка відображення відноситься до певного елемента матриці відображення, яка є акумулятором кількості пар точок, що лежать на одній прямій. У запропонованих алгоритмах використовуються ще три додаткові матриці, які служать акумуляторами відстаней між точками у різних просторах. Це дозволяє наглядно показати квадрат відображення кольорами. Розглянуті різні стратегії перебору точок на зображенні, алгоритми із початковими стартовими точками та ітераційні, де грубе відображення на квадраті відображення послідовно уточнюється у повторних відображеннях із селекцією.

Перевагою запропонованих алгоритмів є відсутність потреби у попередній обробці півтонових та кольорових зображень для виділення контурів й бінаризації. Інформація про колір та яскравість точок використовується для їх попередньої селекції й відбору пар, що зменшує обсяги розрахунків. Додаткова інформація про параметри пар точок враховується у квадраті відображення в процесі акумуляції. Це надає нові можливості для селекції відрізків прямих вже у квадраті відображення завдяки акумулюванню додаткової інформації про вхідне зображення. Такий підхід дозволяє відобразити квадрат перетворення у вигляді кольорового растрового зображення.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Hornberg, Alexander. Handbook of Machine Vision. Wiley-VCH. (2006): p. 429.
2. Xu, Lei, Erkki Oja, and Pekka Kultanen. "A new curve detection method: randomized Hough transform (RHT)." Pattern recognition letters 11.5 (1990): 331-338.
3. Шелевицький, І.В., Ткаченко, Є.В. ВОХ метод ідентифікації прямих на растрових зображеннях. Вісник національного університету "Львівська політехніка". Серія: інформаційні системи та мережі . - Львів, 2016. – №854. С.161–169.

**ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ СЕРЦЕВИХ ТОНІВ ТА ШУМІВ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ  
СЕРЦЕВИХ ЗВУКІВ У СКРИНІНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ****Шелевицький І.В., Шелевицька В.А., Семенов Б.С.**

*Криворізький економічний інститут  
ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»,  
50051, Кривий Ріг, вул.Медична, 16.  
Дніпропетровська державна медична академія,  
Національний авіаційний університет,  
sheleviv@gmail.com, shelevika@gmail.com.ua, semenovbs@gmail.com*

Аускультативне дослідження серця через розвиток електронних стетоскопів набуває нового розвитку в якості простого, дешевого й нетравматичного методу, який можна застосовувати для скринінгових досліджень. Польові дослідження у КНДР групи 7993 дітей шкільного віку методом електронної аускультатії дозволили виявити 149 записів з підозрою на серцеву патологію. Аналіз аудіограм досвідченим фахівцем з наступним ехокардіографічним дослідженням показав точність виявлення патології за даними аускультатії 91%, при чутливості 78,5% та специфічності 92,6% [1]. Це підтверджує перспективність застосування електронної аускультатії для скринінгових досліджень. Однак результати скринінгу можуть суттєво залежати від кваліфікації, досвіду та суб'єктивного стану лікаря що досліджує аудіограми. Слід зауважити, що завдання виявлення патологій серця у новонароджених дітей є доволі гострою для України. В Україні щорічно народжується 6 тисяч дітей (1.3%) із вадами серця. Природна летальність становить 40%. З них 70% помирають на першому місяці життя [2]. Тому актуальною є задача створення інтелектуальних програмних засобів для класифікації серцевих звуків та раннього виявлення патологій серця у новонароджених дітей.

Для вирішення цієї задачі автори використали методи частотно-часового аналізу у сплайнових базисах. Ці методи дозволяють виконати сегментацію акустичних записів на паузи та записи в точках та виділити тони серця [3]. Проте тони серця мають дуже характерну форму, а деталі цієї форми зумовлені особливостями роботи клапанів серця та руху крові [4]. Тому загальні, усереднені показники не є добрими індикаторами, здатними відобразити особливості тонів. Для параметризації тонів серця здійснюється пошук особливих точок. У певній частині тонів серця спостерігаються характерні розриви першої похідної, які проявляються як надломи на кривих. Можливою причиною їх появи є несинхронність роботи клапанів серця. Для ідентифікації надломів на кривих (розривів похідних) розроблено цифровий фільтр виявлення розриву першої похідної по типу фільтрів Савицького-Голя для моделі з двофрагментного лінійного сплайна. Поріг значимості величин на виході фільтра визначається за допомогою  $t$  критерія Стюдента. Серед значень, що перевищують поріг, визначається максимум, положення якого й ідентифікує точку зламу. Разом з особливостями тону визначаються загальні характеристики: ширина тону по пороговому рівню енергії тону, потужність тону, середня енергія тону, максимальне значення тону, симетрія тону. Для проміжків між тонами характерним є наявність шумів (сигналів хаотичної форми), які при патологіях можуть бути значними. Суб'єктивно розрізняють цілу низку шумів за їх формою, положенням, тембром та протяжністю: зростаючий, постійний, спадаючий, на початку інтервалу, в середині, в кінці інтервалу, за тембром як рокіт, крик чайки, звук пили, гармонійний. Для параметризації сигналів на проміжках між тонами визначаються потужність, середня амплітуда, енергія сигналу на всьому проміжку та в четвертях. Огинаюча сигналу апроксимується поліномом другого ступеня для ідентифікації форми сигналу. Також визначається кількість перетинів нуля й основні частоти. Вказані параметри для тонів та проміжків визначаються окремо для 6-ти послідовних періодів скорочень й оцінюються середні показники та середньоквадратичні відхилення показників для оцінки стаціонарності періодів. Знайдені параметри порівнюються для різних точок вислуховування та є базовим набором параметрів для наступної класифікації звуків серця методом опорних векторів.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. L. Pyles, P. Hemmati, J. Pan, X. Yu, K. Liu, J. Wang, A. Tsakistos, B. Zheleva, W. Shao, and Q. Ni, "Initial field test of a Cloud-Based cardiac auscultation system to determine murmur etiology in rural china," vol. 38, no. 4, pp. 656-662, 2017. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s00246-016-1563-8>
2. Волосовець О. П. Стан надання медичної допомоги дітям із кардіоревматологічною патологією / О. П. Волосовець // Здоров'є ребенка. - 2015. - № 5. - С. 125-135. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zd\\_2015\\_5\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zd_2015_5_21).
3. Шелевицький І.В., Шелевицька В.А., Семенов Б.С. Частотно-часовий аналіз серцевих звуків у сплайнових базисах. Вісник національного університету "Львівська політехніка". Серія: інформаційні системи та мережі. - Львів, 2016. – №854. С.170–177.
4. Abbas, Abbas K., and Rasha Bassam. "Phonocardiography signal processing." Synthesis Lectures on Biomedical Engineering 4.1 (2009): 1-194.

**СЕКЦІЯ „ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ  
ТА ІНДУКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ”**

**OBJECTIVE CLUSTERING INDUCTIVE TECHNOLOGY BASED ON THE SOTA  
CLUSTERING ALGORITHM USING DESIRABILITY HARRINGTON FUNCTION**

**Babichev S.A.**

*Jan Evangelista Purkyne University in Usti nad Labem, Czech Republic,  
Faculty of Science, Department of Informatics  
sergii.babichev@ujep.cz*

Gene regulatory networks creation based on the gene expression sequences is one of the actual directs of the modern bioinformatics. The gene regulatory network is a collection of molecular regulators that interact with each other and with other substances in the cell to govern the gene expression levels of mRNA and proteins. Qualitative gene regulatory network involves prediction of the biology object behaviour to early correct this process. The high dimensional of feature space is one of the peculiarity of the studied data. Therefore, at early stage of the gene regulatory network creation it is necessary to divide the gene expression sequences of the initial data into groups with lower quantity of features. Biclustering technology is actual to solve this problem nowadays. Biclustering is division of objects and features into groups based on their intercorrelation. However, there are several questions in this field, which connect with validation of the obtained model. Therefore, we propose cluster-bicluster technology, where, at the first step to implement clustering of the studied sequences of features and at the second step to implement biclustering on the clustering date.

The aim of the work is the practical implementation of the objective clustering inductive technology of complex high dimensional data based on the SOTA clustering algorithm using DNA microarray data.

The implementation of this technology involves the following steps:

- Division of the initial dataset into two equal power subsets. The term “equal power” means that these subsets contain the same quantity of pairwise similar objects.
- Choose the clustering algorithm. Setup of its initial parameters, range and step of their change.
- Data clustering on equal power subsets A and B concurrently within the selected range.
- Fixation of the obtained clustering for subsets A and B at each step of the algorithm operation.
- Calculation of the internal, external and balance criterion for each step of algorithm operation.
- Create the chart of the balance criterion versus correspond parameter of the clustering algorithm.
- Selection of the optimal parameter of the algorithm operation, which correspond to the extremum value of the balance criterion.
- Initial data clustering using chosen algorithm with optimal parameters of its operation.

The correlation distance was used as the similarity metric of the gene expression sequences:

$$d_{cor}(X_a, X_b) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (x_{ai} - \bar{x}_a)(x_{bi} - \bar{x}_b)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ai} - \bar{x}_a)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{bi} - \bar{x}_b)^2}} \quad (1)$$

This fact can be explained by high dimensional of the studied vector. In this case, the profiles of the studied vectors are compared and the level of their similarity is proportional to correlation coefficient value. The internal clustering quality criteria take into account both the character of objects distribution relative to the mass center of the clusters, where these objects are:

$$QCW = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^K \sum_{i=1}^{N_s} d(x_i^s, C_s) \quad (2)$$

and the character of mass centers of clusters distribution in feature space:

$$QCB = \frac{2}{K(K-1)} \sum_{i=1}^{K-1} \sum_{j=i+1}^K d(C_i, C_j). \quad (3)$$

where  $K$  – is the quantity of clusters,  $N$  – is the general quantity of objects,  $N_s$  – is the quantity of the objects in cluster  $s$ ,  $x_i^s$  – is the  $i$ -th vector in  $S$  cluster,  $C_i$ ,  $C_j$  and  $C_s$  – are the mass centers of the  $i$ ,  $j$  and  $s$  clusters concurrently,  $d(\cdot)$  – is the distance metric used to estimate the proximity level of the studied vectors.

The complex multiplicative criterion, which is calculated as relation of the WB-index [1] and Calinski-Harabasz criterion [2] was used as internal criterion (4). The external clustering quality criteria were calculated as a normalized difference of the internal criteria for the equal power subsets A and B within a given range of admissible clustering (5). It is obviously that the objective clustering corresponds better density of objects grouping inside clusters and less density of the clusters distribution in the feature space on the one hand, and the least distinguish of the clustering results for equal power subsets A and B. However, it is possible that minimum values of the external and internal criteria disagree between each other. Thus, it is necessary to calculate the complex balance criterion based on the internal and external clustering quality criteria.

$$QC_{cx} = \frac{K(K-1)QCW^2}{(N-K)QCB^2} \quad (4)$$

$$QC_{ext}(A,B) = \frac{|QC_{int}(A) - QC_{int}(B)|}{QC_{int}(A) + QC_{int}(B)} \quad (5)$$

The general desirability Harrington function was used to calculate the complex balance criterion:

$$d = \exp(-\exp(-Y)) \quad (6)$$

The internal and external criteria scales were transformed to reaction scale Y by linear equation:

$$Y = a - b \cdot CQ \quad (7)$$

Then the private desirability were calculated by formula (6). The general desirability was calculated as the geometric average of the private desirability for criteria (4) and (5):

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} \quad (8)$$

Implementation of this technology was carried out based on the self-organizing SOTA clustering algorithm using gene expression sequences of lung cancer for 96 patients. 6659 genes were studied during experiment. The coefficient for weights adjusting of the cell-sister was changed from  $s_{min} = 0,01$  to  $s_{max} = 0,4$  with step  $ds = 0,01$ . The other parameters of the algorithm were changed automatically relative to the base parameter. The charts of the internal and external clustering quality criteria and general Harrington desirability index versus coefficient of the cell-sister value is presented in Fig.1.

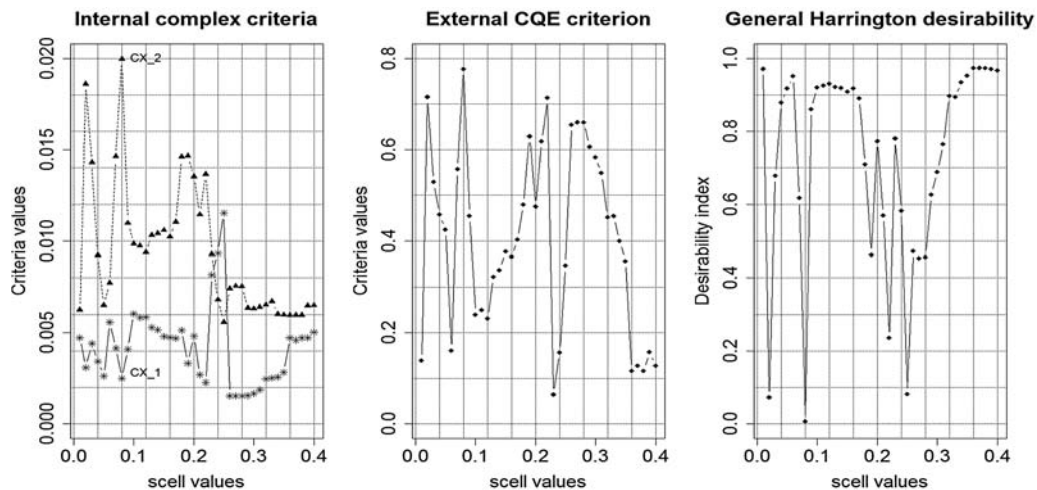


Fig.1. Charts of the internal and external clustering quality criteria and general Harrington desirability index versus the base parameter of the SOTA clustering algorithm

The results of the simulation are shown that in any cases the SOTA algorithm has divided the initial data into two groups. However, the analysis of the charts allows us to conclude that the optimal values of the weight cell-sister coefficient, which corresponds to maximum value of the general Harrington desirability index, are 0,01 or 0,36, but the value 0,36 is preferable in comparison with value 0,01 in term of less values of the external and internal clustering quality criteria values. In this case, 6659 gene expression sequences were divided into two groups: 3770 sequences in the first group and 2889 sequences in the second one. The further research of the author connect with comparison of the different clustering algorithm within the framework of the objective clustering inductive technology using various datasets of high dimensional data.

## REFERENCES:

1. Q. Zhao, M. Xu, P. Fränti. Sum-of-Squares Based Cluster Validity Index and Significance Analysis // Proceeding of International Conference on Adaptive and Natural Computing Algorithms. – 2009. – P. 313-322.
2. T. Calinski, J. Harabasz. A dendrite method for cluster analysis // Communication in statistics. – 1974. – Vol. 3. – P. 1-27.

## A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION

Bodyanskiy Ye., Vlasenko O., Vynokurova O., Pliss I.P.

Kharkiv National University of Radio Electronics, 14 Nauky Ave., Kharkiv, 61166  
 yevgeniy.bodyanskiy@nure.ua, alexander.vlasenko1986@gmail.com, vynokurova@gmail.com

Financial time-series forecasting is a powerful instrument in investment decision-making. Projecting future values based on historical stock market data is a changeling problem due to its dynamic nonlinear nature with chaotic behaviour. The common requirements, except prediction accuracy and good performance, are the smallest possible data-set and the least complex model.

A plethora of advanced statistical time-series models have been developed and applied to forecasting problems. The most popular are autoregression and moving average models (AR, MA, ARMA, ARIMA, GARSH, STAR etc).

Soft computing methods have proven their effectiveness in many areas where classical approaches have faced serious restrictions and difficulties. Different soft computing techniques have been applied to the various prediction problems [1-4]. Among them neuro-fuzzy models are distinguished for their approximation abilities and good performance.

In this paper we propose a novel neuro-fuzzy model for financial time-series forecasting and a corresponding learning procedure.

Architecture of the proposed model is based on standard ANFIS architecture [5], but instead of consequent layer polynomials multidimensional Gaussians are used:

$$\varphi_{ji}(x(k)) = \exp\left(-\frac{(x(k) - c_{ji}^o)^T Q_{ji}^{-1} (x(k) - c_{ji}^o(k))}{2}\right) \quad (1)$$

where  $x(k)$  is an input vector,  $c_{ji}^o$  – centre of current Gaussian and  $Q_{ji}^{-1}$  – covariance (receptive field) matrix.

Diagram below shows an example of the network architecture for two inputs.

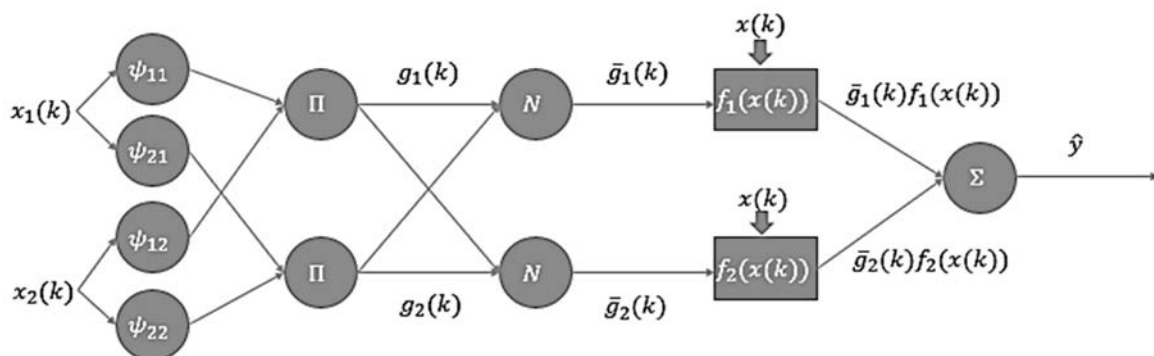


Fig.1 – General network architecture.

First (fuzzification) layer consists of common Gaussian membership functions, the second – represents aggregation of antecedent premises by using a product T-norm, third layer is non-parametrised and responsible for normalization. The fourth layer is presented by multidimensional Gaussian consequent functions and matrix of weights  $P$ . Fifth layer is non-parametrized and produces overall model output as a sum of its inputs. In the matrix form system output could be written as:

$$\hat{y} = p^T f(x(k)) \quad (2)$$

where  $x(k)$  is an input vector,  $p$ -weights vector and  $f(x(k))$  is a vector of normalised consequent functions values:

$$f(x(k)) = (\bar{g}_1 \varphi_{11}(x(k)) \dots \bar{g}_{h^w} \varphi_{h^w h^o}(x(k))) \quad (3)$$

where  $h^w$  is a number of functions in the first layer and  $h^o$  - number of multidimensional Gaussians in the fourth layer for each normalized output  $\bar{g}_1$ .

Learning procedure consists of two simultaneous processes – adjusting of weights vector  $p$  and tuning of centres  $c_{ji}^o$  and matrixes  $Q_{ji}^{-1}$ . Weights are initialised randomly in range [0;0.1], matrixes  $Q_{ji}^{-1}$  – as identity matrixes and centres  $c_{ji}^o$  are placed equidistantly. First layer Gaussians centres are also distributed equidistantly and they are not tuned during learning.

Weights learning is achieved through applying the Kaczmarz iterative method:

$$p(k+1) = p(k) + \frac{y(k) - p^T f(x(k))}{f^T(x(k)) f(x(k))} f(x(k)) \quad (4)$$

where  $p(k)$  is a weights matrix represented as a vector,  $y(k)$ -reference signal,  $p^T f(x(k))$ -models output which represents predicted value.

Forth layer Gaussians learning performed by backpropagation gradient procedure. The  $Q_{ji}^{-1}$  matrixes learning can be written in the following way:

$$\begin{cases} Q_{ji}^{-1}(k+1) = Q_{ji}^{-1}(k) + \lambda_o \frac{\tau_{ji}^o(k) e(k)}{\eta_o(k)} \\ \eta_o(k+1) = \beta_o \eta_o(k) + Tr(\tau_{ji}^{oT} \tau_{ji}^o) \end{cases} \quad (5)$$

where  $\lambda_o$  is a learning step and  $\beta_o$  is a momentum hyperparameters,  $\tau_{ji}^o$  is a vector of values back propagated for each multidimensional Gaussian.

The centres  $c_{ji}^o$  are tuned by the formula below.

$$\begin{cases} c_{ji}^o(k+1) = c_{ji}^o(k) + \lambda_c \frac{\tau_{ji}^c(k) e(k)}{\eta_c(k)} \\ \eta_c(k+1) = \beta_c \eta_c(k) + \tau_{ji}^{cT} \tau_{ji}^c \end{cases} \quad (6)$$

where  $\lambda_c$  is a learning step and  $\beta_c$  is a momentum hyperparameters,  $\tau_{ji}^c$  is a vector of back propagated values.

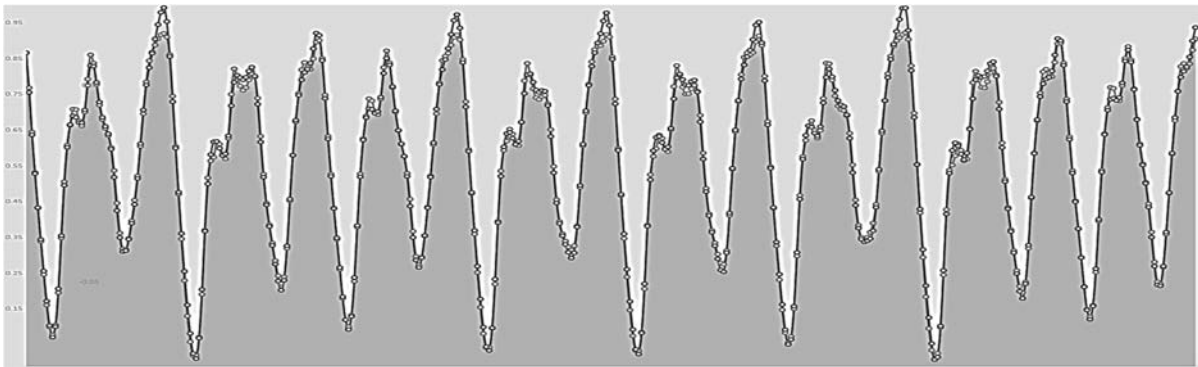


Fig.2 – Learning plot for Mackey-Glass time-series.

The proposed model and learning procedure have shown good results in both synthetic datasets and real data (daily log returns of IBM and Cisco). The performance and prediction accuracy was compared to ANN based on bipolar sigmoid activation functions with resilient backpropagation learning. RMSE and SMAPE criteria were used.

One of the possible ways to improve the proposed learning procedure is to use specialized financial criterion instead of least squares. Another possible area of further research is extending learning by tuning first layer Gaussians which requires more complex backpropagation procedure.

## REFERENCES:

1. Hadavandi E., Shavandi H., Ghanbari A. Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting //Knowledge-Based Systems. – 2010. – T. 23. – №. 8. – C. 800-808.
2. Esfahanipour A., Aghamiri W. Adapted neuro-fuzzy inference system on indirect approach TSK fuzzy rule base for stock market analysis //Expert Systems with Applications. – 2010. – T. 37. – №. 7. – C. 4742-4748.
3. Atsalakis G. S., Valavanis K. P. Forecasting stock market short-term trends using a neuro-fuzzy based methodology //Expert Systems with Applications. – 2009. – T. 36. – №. 7. – C. 10696-10707.
4. Ang K. K., Quek C. Stock trading using RSPOP: A novel rough set-based neuro-fuzzy approach //IEEE Transactions on Neural Networks. – 2006. – T. 17. – №. 5. – C. 1301-1315.
5. Jang J. S. R. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system //IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. – 1993. – T. 23. – №. 3. – C. 665-685.

### THE SYSTEM FOR MODELING DISTRIBUTED COMPUTING TO CONTROL THE ISOEFFECTIVENESS

Loutskii H.M., Volokyta A.M., Rehida P.G.

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine, Kyiv  
e-mail: artem.volokita@kpi.ua

The effectiveness of parallel processing defined as possibility to parallelize the task. This ability uses a degree of parallelism that determines the quantity of nodes for parallel calculating. In addition, in each task there are fragments that cannot run parallel. John Amdahl shows that the increase in efficiency depends of the sequential part [1]. Gustafson's law shows when the size of the task increases, the parallel part of the task increases, and the sequential part is not increases [2]. Formulas do not always can accurately determine the true acceleration of parallel processing. These formulas do not take into account communication between the nodes in the distributed system [3]. Systems with constant level of efficiency called isoeffective systems. These systems can maintain this level of efficiency during all the process calculating [4].

Our goal is to achieve constant level of efficiency. The system of research parallel computing consists of central node on separate server and agents. Agents organized into a hierarchy and intended for efficiency management. We propose a method of monitoring to control of efficiency *Econst*. There are four states of computing nodes: white - not active node, green, yellow and red - active nodes. Color of active node [5] depends on the current level of efficiency *E*. The proposed method includes the following steps. Step 1. Auditing of efficiency and comparison of current efficiency level in Distributed Systems (Fig.1).

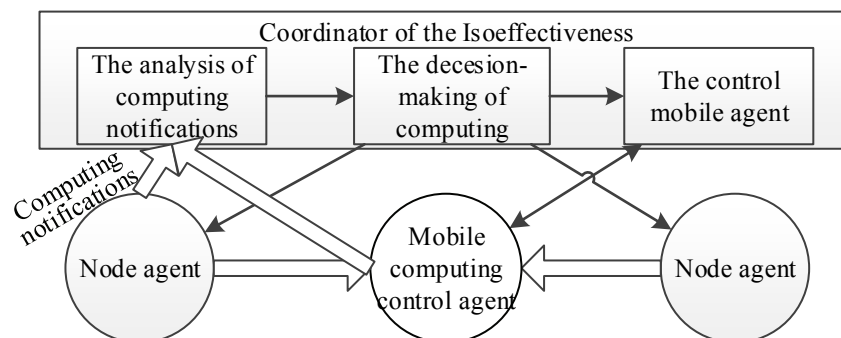


Fig. 1. Model of control the effectiveness for distributed computing

Step 2. Marking the node. If the current node is working and level of efficiency is equal to *Econst*, then system marks as 'green' node. If the efficiency is less than a given *Econst*, then system marks as 'red' node. If nodes are 'red' then coordinator of calculations adds 'white' nodes or decreases problem size, to achieve an appropriate level of efficiency. If the level of efficiency is bigger than needed, nodes are marked as 'yellow'. If nodes are 'yellow' then coordinator changes the current quantity of nodes or increases problem size.

Step 3. To activate and deactivate nodes we propose to use mobile agents [6] in order to provide correct computing. Mobile agent migrates to this node. For the system "red" nodes has higher priority than 'yellow' nodes.

This paper is about the development of a prototype system for modeling distributed computing. Our system will maintain a given level of efficiency that allows changing the size of the task taking into account the performance of the nodes and network loads.



## REFERENCES:

1. Amdahl, G. (1967). Validity of the single processor approach to achieving large scale computing capabilities. In AFIPS Conference Proceedings, Vol. 30, pp. 483-485, Washington, D.C.: Thompson Books.
2. Gustavson, J.L. (1988) Reevaluating Amdahl's law. Communications of the ACM. 31 (5). pp.532-533.
3. Zilker B., Orlov S. The organization of computers and systems. Peter, 2004. -688p. (in russian).
4. Kumar, V. P., & Gupta, A. (1994). Analyzing scalability of parallel algorithms and architectures. Journal of parallel and distributed computing, 22(3), 379-391.
5. The localization intrusions based on the monitoring of neighboring nodes activity / Volokyta A.M., Vu Duc Thinh, Rehida P.G. // International Conference “Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence” (ISDMCI'2016), Zaliznyj Port, 2016 – P. 246 – 248.
6. Access model based on mobile agents for the protection of cloud computing / Vu Duc Thinh, A. Volokyta, P. Rehida // Conference proceedings II Scientific and practical conference “Summer Infocom Advanced Solutions 2016”, Kyiv, Ukraine, 1-3 June 2016 – P. 97 – 99.

**BIG DATA ANALYSIS VIA MODEL REDUCTION METHODS****Zabielin S.I.**

*Educational-Scientific Complex “Institute for Applied System Analysis”,  
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,  
szabielin@gmail.com*

Introduction. Vast amounts of raw data are encompassing us in our world, information that can't be directly treated by humans or manual applications. The arising of new technologies and services (like Cloud computing) as well as the reduction in hardware price are leading to an ever-growing rate of information on the Internet. This phenomenon certainly represents a “Big” challenge for the data analytics community. Big Data can be thus defined as very high volume, velocity and variety of data that require a new high-performance processing [1,2].

Data preprocessing. The set of techniques used prior to the application of a data mining method is named as data preprocessing for data mining and it is known to be one of the most meaningful issues within the famous Knowledge Discovery from Data process. Since data will likely be imperfect, containing inconsistencies and redundancies is not directly applicable for a starting a data mining process. We must also mention the fast growing of data generation rates and their size in business, industrial, academic and science applications. The bigger amounts of data collected require more sophisticated mechanisms to analyze it. Data preprocessing is able to adapt the data to the requirements posed by each data mining algorithm, enabling to process data that would be unfeasible otherwise [3,4].

Manifold Learning. The NLDR problem on such data is specifically called “manifold learning” problem. In recent years, there have emerged many manifold learning approaches which are applied to many real-world application problems (e.g., hyperspectral imaging classification and object tracking), aiming at discovering the intrinsic geometric representations of the nonlinear data manifolds. Based on the intrinsic construction principles, these approaches can be divided into two categories: global and local approaches. Global approaches, such as Isomap and CDA, attempt to preserve geometry at both local and global scales, essentially constructing entire isometric corresponding between all data pairs in the original and latent spaces. Local approaches, such as LLE and Laplacian eigenmaps, attempt to preserve the local geometry of the data, intrinsically keeping invariance between all local areas in the original and latent spaces.

The purpose of the research. For the work done, it is a solution to the problems of reducing the volume of models of nonlinear dynamic objects of concentrating production on the basis of the diffusion map method and the nuclear method of the main components.

Diffusion MAP. The diffusion map method (Diffusion MAP) is based on an analysis of the Markov random walk process on the data field. In this case, for a set of time steps, a measure of the proximity of the point data is determined. Using this measure, the diffusion distance is determined. In a space of lower dimension, the diffusion distances obtained are conserved [5,6].

Experiments. Using software product MANI in the Matlab package and custom tools we were able to analyze cluster data. The initial data (1200 points), grouped in 9 clusters, were presented in a space of smaller dimension. For this, the KPCA method required 0.11393 s, ISOMAP - 1.0581 min., Diffusion MAP - 0.82918 sec.

Conclusions. The analysis of methods for reducing the dimensionality of the models for big data, represented in the form of structures (operators) that transform the content of the useful component throughout the data characteristic, has shown the prospects of approaches based on nuclear functions. KPCA performs a non-linear projection of the original data onto a space of smaller dimension. This is an extremely fast method, which

allows you to recommend it for initial data processing. The diffusion map method is very sensitive to the sigma parameter in a Gaussian core. The ISOMAP method copes well with large-dimensional data, but is very sensitive to noise, is very slow and poorly reproduces the geometry of the set.

## REFERENCES:

1. Big Data prediction for 2013. Blog by Mike Gualtieri. [online] [http://blogs.forrester.com/mike\\_gualtieri](http://blogs.forrester.com/mike_gualtieri)
2. The Forrester Wave: Big Data Predictive Analytics Solutions, Q1 2013. Mike Gualtieri, January 13, 2013. [online] <http://www.forrester.com/pimages/rws/reprints/document/85601/oid/1-LTEQDI>
3. L.J.P. van der Maaten. An Introduction to Dimensionality Reduction Using Matlab. - Maastricht, 2007. – 42 p.
4. J.B. Tenenbaum. Mapping a manifold of perceptual observations. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 10, pages 682–688, Cambridge, MA, USA, 1998. The MIT Press.
5. S. Lafon and A.B. Lee. Diffusion maps and coarse-graining: A unified framework for dimensionality reduction, graph partitioning, and data set parameterization. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(9):1393–1403, 2006.
6. B. Scholkopf, A.J. Smola, and K.-R. Muller. Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem. Neural Computation, 10(5):1299–1319, 1998.

## МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ УСКОРЕННОЙ НЕЙРОСЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Аксак Н.Г.

*Харьковский национальный университет радиозлектроники,  
г. Харьков, пр. Науки, 14,  
nataliia.axak@nure.ua*

**Введение.** Наступает новая эпоха разумных систем, предназначенных для коллективного мышления и принятия общественно-значимых решений. Информационные технологии развиваются по пути когнитивных вычислений, что напрямую связано с большими данными, облачными вычислениями, мобильной связью, сенсорными датчиками и Интернет вещами (Internet of Things, IoT). Для принятия продуманных решений целесообразно использовать концепцию больших данных. Чтобы ускорить выход новых технологий на рынок применяются облачные вычисления. Техническая оснащенность всевозможными датчиками позволяет измерять и отслеживать изменения состояний всего, что нас окружает, список услуг мобильных операторов развивается с такой скоростью, что большинство пользователей не только не в состоянии следить за новыми возможностями, но даже в полной мере не используют существующие сервисы. Интернет вещей позволяет собирать и обмениваться данными, поступающими со встроенных сервисов, количество взаимодействующих и одновременно подключенных к Интернету устройств растет экспоненциально. Возник совершенно новый способ взаимодействия людей и различных систем.

Решение трудоемких задач при адекватном и оперативном реагировании на происходящие изменения в реальном времени требует разработки новых моделей и методов, позволяющих обрабатывать колоссальные объемы разнородных данных, полученных из разных источников различными устройствами.

**Общая постановка задачи.** Пусть имеется некоторая система Res, имеющая цель Goal, ради которой система функционирует. Для достижения поставленной цели решаются математически сформулированные задачи с большим набором исходных данных и требуемых результатов.

Для решения трудоемких задач за приемлемый промежуток времени в распределенной системе разработать модель, в которой учитывается, что исходные данные, исполнители, а также результаты решения задачи располагаются в разных точках пространства.

**Основной материал.** В работе предлагается для распределенной системы Res использовать агентно-ориентированный подход, позволяющий планировать групповые действия, координировать их в момент совершения, вести переговоры и выбирать оптимальное решение для достижения цели Goal. Для ускоренной обработки больших данных применяются искусственные нейронные сети.

Процесс ускоренной нейросетевой обработки больших данных для решения трудоемких задач представлен обобщенной моделью, состоящей из агентского блока, блока интеллектуальных методов (ускоренной нейросетевой обработки больших данных с использованием технологий OpenMP, MPI и Cuda), Веб-интерфейса, блок накопления и анализа опыта, а также аппаратного блока (рис.1).

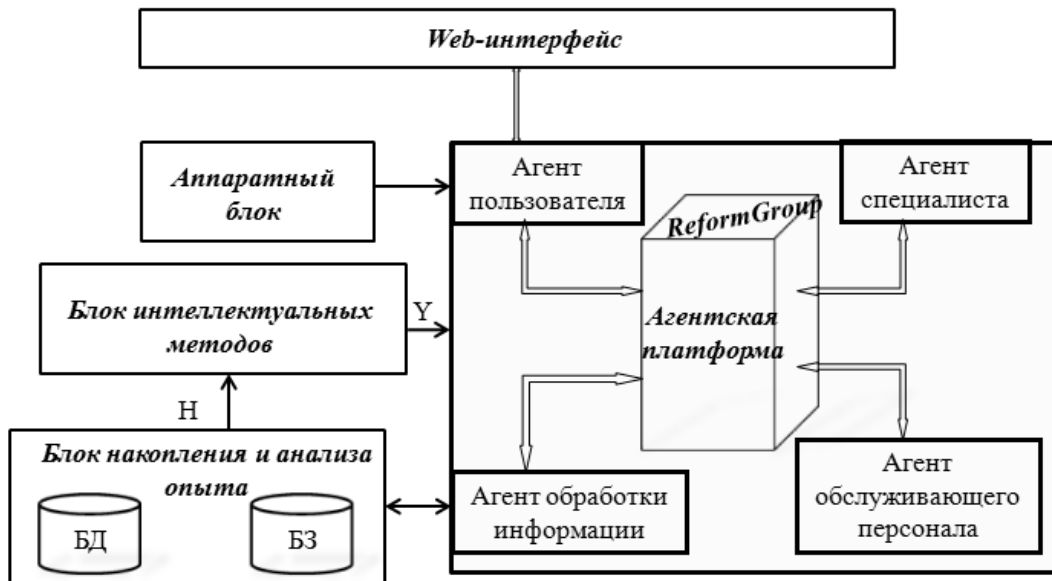


Рисунок 1– Обобщенная модель многоагентной системы ускоренной обработки больших данных

Агентский блок представлен с организационной точки зрения моделью «агент/группа/роль», как структура для активного взаимодействия с помощью понятий группы, роли и их связи, которые собраны в единое целое без учета поведения агентов.

Процесс организационного моделирования применяется для выявления шаблонов, которые можно будет использовать в других многоагентных системах (МАС). Организационная структура является спецификацией конкретной мультиагентной организации и определена как набор групповых структур, представляющих собой абстрактное описание группы, которая идентифицирует весь спектр ролей и взаимосвязей, присутствующих в ней (рис.2).

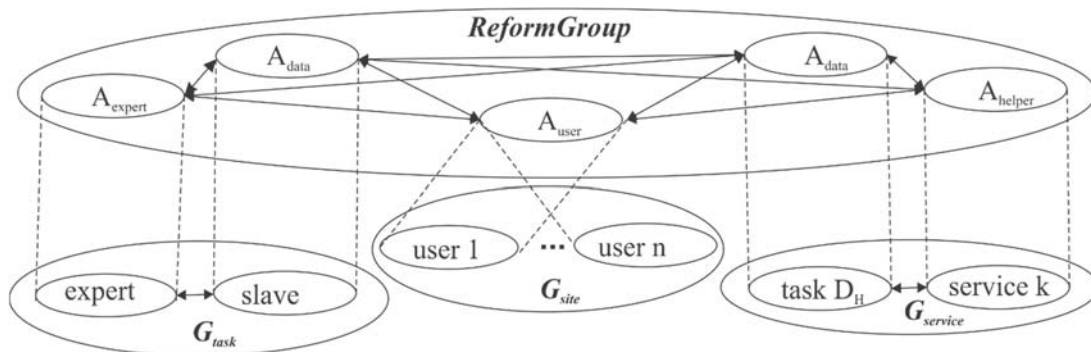


Рисунок 2– Структура адаптивной организационной модели

Маленькие овалы обозначают роли  $R$ ; большие овалы – группы  $G$  ( $G_{task}$  – структурная группа организации, стремящаяся к достижению цели Goal;  $G_{site}$  – структурная группа зарегистрированных пользователей организации;  $G_{service}$  – структурная группа, обеспечивающая реализацию интеллектуальных методов и предоставляющая специализированные услуги;) сплошные линии обозначают связи между ролями, пунктирные линии – межгрупповые связи; ReformGroup – группа преобразований (верхний уровень) осуществляет адаптацию организации. Агенты этой группы контролируют ролевые, групповые и организационные характеристики.

На основе предложенной модели в работе реализованы следующие распределенные системы:

- системы ускоренной нейросетевой классификации для оценки состояния изготовленного кирпича, при спортивном судействе в художественной гимнастике, при изучении патологических изменений кожных заболеваний;
- система удаленного мониторинга состояния здоровья пациента на основе ускоренной нейросетевой обработки медико-регистрационных данных и анализа изображений, получаемых с веб-камеры;
- система персонализации специализированного веб-портала для кластеризованных с помощью распараллеленных самоорганизующихся карт Кохонена пользователей портала.

**Выводы.** Спроектированы основные компоненты распределенной модели ускоренного процесса нейросетевой обработки больших данных, которая характеризуется сформированными агрегационными уровнями для обработки данных, полученных из разных источников различными устройствами, а также возможностью динамически распределять роли между агентами. Применение предложенной модели помогает осуществлять предварительную диагностику и дистанционный мониторинг.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Axak N. G. Development of multi-agent system of neural network diagnostics and remote monitoring of patient. /N. G. Axak //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – 4/9 ( 82 ) – P. 4-11.
2. Shklovets A. V. Visualization of High Dimensional Data Using Two Dimensional Self Organizing Piecewise Smooth Kohonen Maps /A. V. Shklovets and N. G. Axak //ISSN 1060 992X, Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2012, Vol. 21, No. 4, pp. 227–232.
3. Аксак Н. Г. Мультиагентная модель адаптации медицинского Интернет–ресурса на основе информационного портрета пользователя /Н. Г. Аксак, С. А. Коргут, И. В. Новосельцев //Системи обробки інформації –Х. ХУПС. 2013. – Вип.2(109). – С. 242–246.

### БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ

Астіоненко І.О., Гучек П.Й., Давиденко П.О., Литвиненко О.І.

*Херсонський національний технічний університет,  
м.Херсон, Бериславське шосе, 24,  
mmkntu@gmail.com*

При лагранжевій інтерполяції ставиться задача “побудувати інтерполяційний поліном як можна нижчого степеня...” [1]. Якщо зняти це обмеження при побудові серендипового інтерполяційного полінома, то на одному скінченному елементі можна побудувати безліч базисних функцій. Ще у 1959 р. Березін І.С. і Жидков М.П. у першому виданні книги [2] зауважили, що зовсім не обов’язково вимагати, щоб порядок інтерполяційного полінома був найменший, можна розглядати такі системи вузлів, для яких розв’язок поставленої задачі не буде єдиним.

За допомогою комбінованого алгебро-геометричного методу побудуємо інтерполяційний поліном бікубічного СЕ (рис. 1) з 15-ма параметрами. Для цього функції форми для вузлів 1 і 2 запишемо у вигляді:

$$N_1 = K_1(I-\xi)(I-\eta)(A\xi\eta + B\xi + C\eta + I)(D\xi + E\eta + I), \quad (1)$$

$$N_2 = K_2(I-\xi^2)(I-\eta)(F\xi + G\eta + I). \quad (2)$$

Розв’язавши систему рівнянь відносно невідомих коефіцієнтів  $A, B, C, D, E, F, G, K_1, K_2$ , отримуємо чотири розв’язки: два “симетричні” випадки (пряма  $D\xi + E\eta + 1 = 0$  проходить через вузли 2,12 або 3,11) та два “несиметричні” випадки (пряма  $D\xi + E\eta + 1 = 0$  проходить через вузли 2,11 або 3,12). Розглянемо один із “несиметричних” розв’язків:

$$N_1 = \frac{1}{320}(I-\xi)(I-\eta)(3\xi + 6\eta + 5)[9(16p-3)\xi\eta + 3(48p+1)\xi + 12(12p-1)\eta + 2(72p-1)]. \quad (3)$$

$$N_2 = \frac{9}{64}(I-\xi^2)(I-\eta)[-6\xi - (8p+1)\eta + I - 8p]. \quad (4)$$

Лінії нульового рівня  $N_1(\xi, \eta)$  (суцільні лінії) і  $N_2(\xi, \eta)$  (пунктир) для цього випадку показані на рис. 1. Перша і друга дужки формули (3) асоціюються з протилежними першому вузлу сторонами квадрата: 4-7 та 7-10 і задають рівняння гіпара  $f_1^{(1)} = \frac{1}{4}(I-\xi)(I-\eta)$ . Третя дужка – права частина рівняння прямої, яка є лінією перетину з площиною квадрата площини, що проходить через вузли 3-12 та точку  $(-1, -1, 1)$ :  $f_1^{(3)} = -\frac{1}{4}(3\xi + 6\eta + 5)$ .

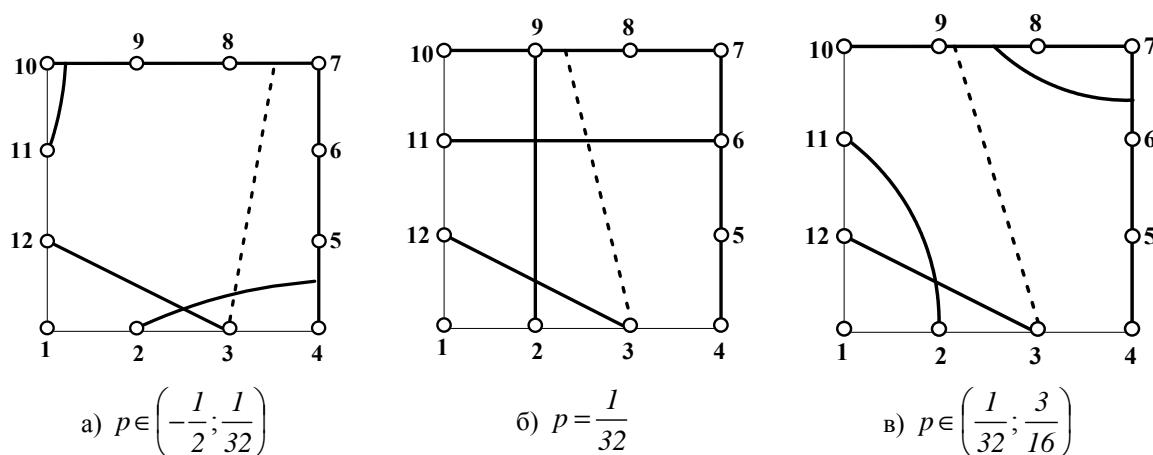


Рис.1. Лінії нульового рівня функцій  $N_1$  та  $N_2$  моделей з 15 параметрами

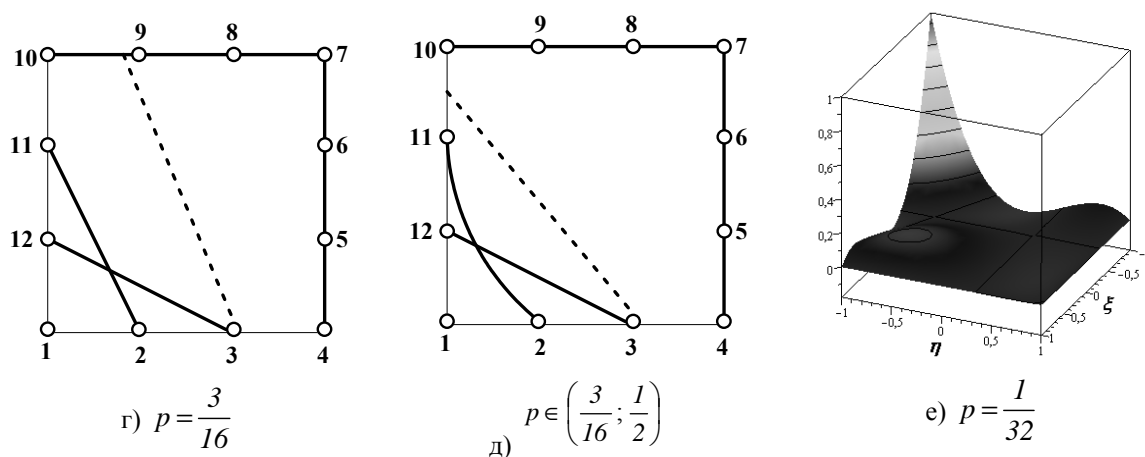


Рис.1(продовження). Лінії нульового рівня функцій  $N_1$  та  $N_2$  моделей з 15 параметрами

Гіперболи на рис. 1а, в, д та прямі на рис. 1б, г – це лінії перетину площини квадрата з гіперболічним параболоїдом, який заданий останнім множником:

$$f_1^{(4)} = -\frac{1}{20}(9(16p-3)\xi\eta + 3(48p+1)\xi + 12(24p-1)\eta + 2(72p-1)).$$

На відміну від “симетричного” випадку, в якому вісь гіпара співпадає з діагоналлю квадрата 1-7, в даному випадку вісь гіпара не співпадає з діагоналлю квадрата, звідки і виникає порушення симетрії.

На рис. 1е показана поверхня базисної функції  $N_1$  у випадку, коли точка мінімаксу гіпара знаходиться у площині CE (відповідає рис. 1б).

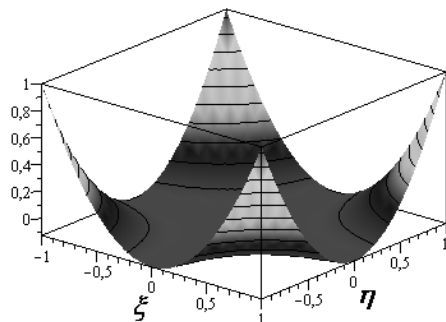


Рис. 2. Сума “кутових” функцій

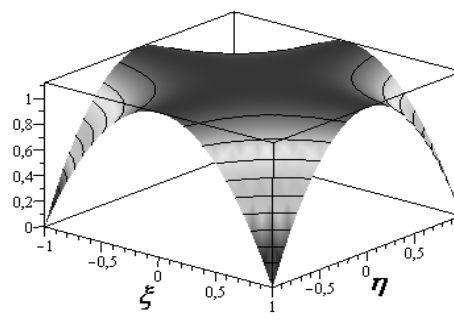


Рис. 3. Сума “проміжних” функцій

Всі відомі раніше базиси мають кутові базисні функції, поверхні яких симетричні відносно відповідної діагоналі квадрата. Виконується одна з властивостей інтерполяційного полінома – зберігається геометрична ізотропія. Завдяки алгебро-геометричному методу *вперше* виявлено явище *порушення геометричної ізотропії* “кутової” функції всередині елемента: поверхня функції (4) не симетрична відносно діагоналі 1-7. На границях елемента геометрична ізотропія зберігається [3].

Зауважимо, що порушення геометричної ізотропії всередині елемента не приводить до небажаних наслідків, оскільки аномалії однієї базисної функції анулюються аномаліями іншої, і це демонструють суми відповідних “кутових” і “проміжних” функцій (рис.2, 3). Таким чином, геометрична ізотропія інтерполяційного полінома зберігається.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Демидович Б. П. Численные методы анализа / Б. П. Демидович, И. А. Марон, Э. З. Шувалова. — М. : Наука, 1967. — 368 с.
2. Березин И. С. Методы вычислений / И. С. Березин, Н. П. Жидков — М. : Физматгизд., 1962. — Т.1. — 464 с.
3. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. — М. : Мир, 1981. — 304 с.

### ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДА АДАПТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Ахметшина Л.Г.

*Днепро́вский национальный университет им. О.Гончара, каф. ЭВМ  
akhmlu@mail.ru*

Егоров А.А.

*Днепро́вский национальный университет им. О. Гончара, каф. АСОИ  
for\_\_\_students@ukr.net; egorov@mayak.dp.ua*

**Постановка проблемы.** Нередко при решении различных задач, связанных с обработкой изображений, возникает необходимость повышения их качества, в частности, контраста. Решение данной задачи может осложняться тем, что слабоконтрастное изображение может иметь области с высоким и низким уровнем контраста, разным уровнем яркости, а также различиями в целях его обработки. Несмотря на множество существующих методов повышения контраста ни один из них не является универсальным [1], поэтому разработка новых (модификация существующих) методов остается актуальной задачей.

**Анализ публикаций по теме исследования.** В настоящее время распространенной является нечеткая обработка изображений. Суть ее, в целом, сводится к процедуре фаззификации (переход в новое пространство признаков), выполнении нечетких операций и дефаззификации (возврат к исходному пространству признаков). Примером таких методов может служить алгоритм, описанный в работе [2]. В работе [3] был предложен метод адаптивного улучшения слабоконтрастных изображений, основанный на алгоритме из работы [2], позволяющий на основе статистических характеристик всего изображения и текущего окна преобразования подстраивать управляющие параметры.

**Цель статьи.** В данной статье описывается модифицированный метод адаптивного улучшения слабоконтрастных изображений на базе нечеткой логики, который благодаря применению двухэтапного пропорционального повышения яркости и контраста на основе степенных преобразований и адаптивному вычислению управляющих параметров на основе характеристик текущего окна и всего изображения, позволяет добиться более высокого уровня повышения контраста.

**Основная часть.** Предложенный модифицированный алгоритм состоит из следующих шагов.

1. Масштабирующее преобразование каждого цветового канала исходного изображения на  $[0,1]$ .
2. Каждый цветовой канал исходного изображения разбивается на неперекрывающиеся окна заданного размера (рекомендуется использовать размеры окон от 3x3 до 6x6 пикселей).
3. Осуществляется пропорциональное повышение яркости и контраста на основании применения следующего степенного преобразования:

$$w_{x,y}^I = \left( w_{x,y} \right)^{I - |w_{x,y} - \bar{w}|}, \quad (1)$$

где  $w_{x,y}$  – пиксели текущего окна, а  $\bar{w}$  вычисляется по формуле:

$$\bar{w} = (\bar{w} + \bar{I} + 0.5) / 3, \quad (2)$$

причем  $\bar{w}$  и  $\bar{I}$  – средние значения для текущего окна и выбранного цветового канала исходного изображения, соответственно. После выполнения преобразования (1) значение  $\bar{w}$  вновь пересчитывается по формуле (2).

4. Для пикселей текущего окна формируется значение  $\mu_{x,y}$  по следующей формуле:

$$\mu_{x,y} = \left( I - (\bar{w}^{\max} - w_{x,y}^I) / F_d \right)^{F_e}, \quad (3)$$

где  $\bar{w}^{\max}$ ,  $F_d$  и  $F_e$  вычисляются по следующим формулам:

$$\bar{w}^{\max} = (w^{\max} + I^{\max}) / 2, \quad (4)$$

$$F_d = \left( \bar{w}^{\max} - (w^{\min} + I^{\min}) / 2 \right) / \left( (\bar{w}')^{-1/F_e} - 1 \right), \quad (5)$$

$$F_e = \left( 2 + \bar{w}' + \bar{I} - \bar{w} + F_e' \right) / 2, \quad (6)$$

$$F_e' = 0.5 \cdot \ln(0.25 / \alpha) \cdot \left( \ln(w^{\max} / \bar{w}')^{-1} + \ln(I^{\max} / \bar{I})^{-1} \right), \quad (7)$$

причем  $w^{\max}$ ,  $w^{\min}$ , и  $I^{\max}$ ,  $I^{\min}$  – максимальные и минимальные значения для текущего окна и выбранного цветового канала исходного изображения, соответственно, а  $\alpha$  вычисляется так:

$$\alpha = b / (dy \cdot dx - b), \quad (8)$$

где  $dy$  и  $dx$  – размерность исходного изображения, а коэффициент  $b$  соответствует количеству пикселей выбранного цветового канала исходного изображения с яркостью, меньше  $|\bar{I} - I_{01}|$ .  $I_{01}$  – среднее по пикселям выбранного цветового канала, значения яркости которых не 0 или 1.

5. Вычисляются значения функции принадлежности  $\mu_{x,y}^2$  по формуле:

$$\mu_{x,y}^2 = \begin{cases} 2(\mu_{x,y}^I)^{2-\bar{w}+0.5}, & 0 \leq \mu_{x,y}^I \leq 0.5 \\ I - 2(I - \mu_{x,y}^I)^{I+\bar{w}-0.5}, & 0.5 < \mu_{x,y}^I \leq I \end{cases}. \quad (9)$$

Данное преобразование, по сути, осуществляет повышение контраста за счет пропорционального сдвига пикселей, интенсивность которых не превышает 0.5, к 0, а остальных – к 1.

6. Происходит формирование пикселей текущего окна выбранного цветового канала выходного изображения  $w_{x,y}^2$  на основании следующего преобразования:

$$w_{x,y}^2 = \bar{w}^{\max} - F_d \left( (\mu_{x,y}^2)^{-1/F_e} - 1 \right). \quad (10)$$

7. На последнем шаге происходит еще одно пропорциональное повышение яркости и контраста на основе степенных преобразований:

$$w_{x,y}^3 = (w_{x,y}^2)^{1 - (w_{x,y}^2)^{w_{x,y}^2/2}}. \quad (11)$$

**Экспериментальные результаты.** Предложенный алгоритм визуализации был применен при обработке различных полутоновых медицинских изображений. Примером таких снимков является полутоновое изображение (рис. 1 а), представляющее собой томограмму головного мозга, выполненную с целью диагностики наличия гематомы, а также определения области ее влияния в случае выявления. На рис. 1 б и 1 в представлены результаты обработки данного снимка исходным и модифицированными методами. В последнем случае (рис. 1 в) удалось достаточно четко выделить гематому и область ее влияния.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** На основании полученных экспериментальных результатов можно сделать следующие выводы: применение предложенного модифицированного метода адаптивного улучшения слабоконтрастных изображений на основе нечетких преобразований обеспечивает более высокий уровень повышения контраста. Следует отметить, что размер окна оказывает существенное влияние на результаты обработки.

Т.к. предложенный метод малоприменим для обработки темных изображений, то перспективным направлением дальнейших исследований является одновременное пропорциональное повышение яркости темных участков с усилением их контраста.

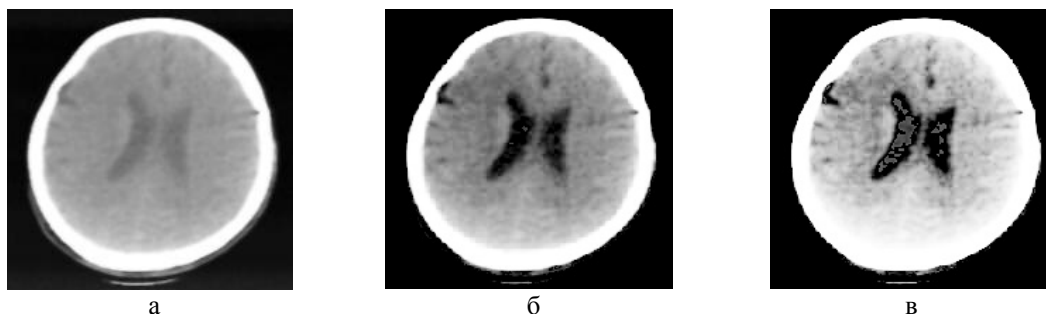


Рис. 1. Рентгеновская томограмма головного мозга: а – исходный полутоновой снимок (204x201); обработка (размер окна 4x4): б – базовым; в – модифицированным методами, соответственно

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; [пер. с англ. под ред. П.А.Чочиа]. – М.: Техносфера, 2006. – 1070 с.
2. Pal Sankar K., Image Enhancement using Smoothing with Fuzzy Sets / Sankar K. Pal, Robert A. King // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1981. – vol. SMC-11, No. 1. – P. 494 – 501.
3. Ахметшина Л.Г. Метод адаптивного улучшения слабоконтрастных изображений на основе нечетких преобразований / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Искусственный интеллект. – 2016. – № 4. – С. 490 – 497.

### ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ

**Бардачов Ю.М., Дідик О.О., Резніченко О.М., Савула І.В., Садовський В.Г.**

*Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Бериславське шосе, 24  
olexii.didyk@gmail.com*

Необхідність у виявленні аномалій існує в широкому діапазоні прикладних областей, таких як банківська справа (виявлення шахрайства з кредитними картами), комп'ютерна безпека (виявлення вторгнень в комп'ютерні системи), медицина (виявлення даних, відповідних якого-небудь захворювання, в результатах медичних обстежень) і багато інших. Таким чином, актуальність виявлення аномалій виникає з того, що наявність аномалій в даних відповідає виключно важливій і часто критичній інформації. Одним з найбільш уживаних методів інтелектуального аналізу даних, що використовуються для розв'язання задачі виявлення аномалій у різних предметних областях, є методи кластерного аналізу.

Різноманітність прикладних областей, в яких виникає необхідність розв'язання задачі виявлення аномалій, а також різноманітність характеристик цієї задачі в цих прикладних областях породило безліч різних методів виявлення аномалій. На сьогоднішній день не існує єдиного методу або підходу, який дозволив би успішно вирішувати цю задачу в будь-якій предметній області. З іншого боку, використання існуючих методів з одних предметних областей для розв'язання даної задачі в інших предметних областях є непростим завданням. Необхідно визначити, який з існуючих методів або алгоритмів найкращим чином підходить для виявлення аномалій в заданій предметній області і як правильно налаштувати його параметри. Очевидно, що для цього необхідне точне опис як знань, специфічних для конкретної предметної області, так і проблемно-орієнтованих знань з виявлення аномалій.

Незважаючи на важливість методів кластеризації для виявлення аномалій, більшість існуючих алгоритмів кластеризації не використовують семантичну інформацію в процесі кластеризації. Як правило, для створення кластеру користувач створює однорідний файл (без внутрішньої структури), що відповідає набору об'єктів даних, і запускає такий алгоритм. «Однорідний» файл являє собою послідовність рядків;



кожен рядок містить значення для всіх атрибутів одного об'єкта даних. Користувач задає параметри для алгоритму кластеризації, такі як кількість кластерів  $k$  для методу  $K$ -середніх. Потім алгоритм кластеризації переміщує об'єкти даних до кластерів та виводить результат. Сучасні методи кластеризації не виокремлюють семантику даних від методу кластеризації. Таким чином, кластеризація відбувається на рівні даних, а не на рівні знань, і це не дозволяє користувачам точно ідентифікувати свої цілі і зрозуміти результати кластеризації. Хоча деякі існуючі методи кластеризації містять обмеження, [1, 3, 4, 5, 6, 7], вони враховують лише дуже обмежені знання, що надаються користувачами. Аби внести семантику в кластери, потрібна більш розвинута та складна система.

*Онтологія* є формальною детальною специфікацією концептуалізації [2]. Вона надає фонові знання з області, важливі для концептуалізації та аксіоми для їх розуміння. Ми пропонуємо підхід для виявлення аномалій за допомогою методів кластеризації, який базується на використанні специфічної онтологічної структури (онтології). Така онтологічна структура може відігравати важливу роль в організації інформації, що пов'язана з процесом кластеризації. Мета створення такої онтології полягає в тому, щоб спрямувати користувача до відповідного вибору алгоритму кластеризації та відповідної інтерпретації результатів.

Таким чином, використання онтологій для розв'язання задач виявлення аномалій надає наступні переваги. По-перше, мета користувача дається на семантичному рівні. Користувачеві не потрібно знати подробиці про алгоритм кластеризації. По-друге, в структурі подаються знання (у формі онтології) про існуючі методи виявлення аномалій із різних предметних областей. Включення онтології галузі знань (виявлення аномалій) і онтології задач в алгоритми кластеризації може підвищити якість кластерів, що утворюються в процесі кластеризації. По-третє, онтології, представлені за допомогою OWL, стандартної мови онтологічного інжинірингу, легко можуть бути розширені таким чином, щоб знаходити кластери в різних семантичних веб-середовищах.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Agrawal, R., Gehrke, J., Gunopulos, D., and Raghavan, P.: Automatic Subspace.
2. Gruber, T. R., 1993, Formal Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing, Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, Kluwer Academic Publishers.
3. Estivill-Castro, V., and Lee, I. J.: AUTOCLUST+: Automatic Clustering of Point-Data Sets in the Presence of Obstacles. In: Proc. of Intl. Workshop on Temporal, Spatial and Spatio-Temporal Data Mining, Lyon, France, 2000. 133-146 c.
4. Tung, A. K. H., Han, J., Lakshmanan, L. V. S., and Ng, R. T.: Constraint-Based Clustering in Large Databases. In Proc. 2001 Intl. Conf. on Database Theory, London, U.K., 2001. 405-419 c.
5. Tung, A.K.H., Hou, J., and Han, J.: Spatial Clustering in the Presence of Obstacles. In Proc. 2001 Intl. Conf. On Data Engineering, Heidelberg, Germany, 2001. 359-367 c.
6. Wang, X. and Hamilton, H. J.: DBRS: A Density-Based Spatial Clustering Method with Random Sampling. In: Proc. of the 7th PAKDD, Seoul, Korea, 2003. 563-575 c.
7. [21] Wang, W., Yang, J., and Muntz, R.: STING: A Statistical Information Grid Approach to Spatial Data Mining, Proc. of 23rd VLDB, Athens, Greece, 1997. 186-195 c.
8. Wang X., Hamilton H.J. Towards an Ontology-Based Spatial Clustering Framework Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. 205–216 c.

### ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТРУКТУРНОЇ АТИПІЇ ПЕРЕДРАКОВИХ СТАНІВ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Березький О. М., Березька К. М., Мельник Г.М.**

*Тернопільський національний економічний університет, м. Тернопіль вул. Львівська, 11,  
ob@tneu.edu.ua, km.berezka@gmail.com, mgm@tneu.edu.ua*

В роботі розглянуто біомедичні зображення в діапазоні видимого світла – групи клітин (гістологічні) зображення людини. Вони отримуються за допомогою світлового мікроскопа при верифікації попереднього діагнозу. Щоб отримати гістологічне зображення (ГЗ) необхідно зробити зріз тканини певного органу. В результаті отримуються шари епітелію; поперечні перерізи проток, каналів, капілярів, вен, артерій; ворсинки, ланцюжки клітин, які обмежені міжклітинним простором. Пухлина – це патологія, що характеризується швидким розмноженням клітин. При злоякісному процесі проходить зміна структури тканин. Однією з тих змін є атипія – це порушення розташування клітин, характерного для нормального стану клітин [1].

Ракові клітини розташовуються хаотично. Для визначення ступеня атипії тканин введено коефіцієнт структурної атипії [2,3]. Він характеризує рівень відхилення розташування клітин від нормального стану.

Від того наскільки порушене розташування клітин залежить діагноз хворого. Цей показник ступеня атипії введено завдяки припущенню, що структуру тканини в нормальному стані можна описати з допомогою плоских кристалографічних груп [3], а структуру патологічних тканин за допомогою плоских кристалографічних груп із спотвореннями.

**Мета роботи** – дослідження коефіцієнта структурної атипії передракових і ракових станів молочної залози.

Існують такі геометричні породжуючі перетворення паралельний перенос, центральна симетрія, осьова симетрія, ковзне відображення, поворот, їх комбінації [4]. Кожне геометричне перетворення в

афінному просторі задається в матричному вигляді так:  $T = \begin{pmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ m & n & 1 \end{pmatrix}$ , де  $a, b, c$  і  $d$  здійснюють

відповідно зсув, поворот, відображення, локальне масштабування;  $m$  і  $n$  виконують зміщення. Нехай множина геометричних породжуючих перетворень  $S = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  відповідає аксіомам абстрактної групи.

Величина абсолютної похибки  $\Delta$  для перетворень  $T_1, \dots, T_{n-1}, T_n$ , враховуючи похибки від коефіцієнтів  $a, b, c, d, m, n$  рівна:

$$\Delta = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^3 |t_{ij}^* - t_{ij}|,$$

де  $t_{ij}$  – точне значення коефіцієнта матриці еталонного перетворення  $T^e$ ;

$t_{ij}^*$  – значення коефіцієнта матриці реального перетворення  $T$ .

Обчислене значення похибки (спотворення) справедливе тільки для одного рапорту. В загальному випадку зображення складається із  $n$  рапортів і тоді коефіцієнт структурної атипії (загальна похибка спотворення) рівний:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta_i|}{n}$$

де  $n$  – кількість рапортів на зображенні.

Для статистичної оцінки коефіцієнта структурної атипії дослідимо його незміщеність, спроможність і ефективність. Наведемо їх визначення.

Визначення 1. Незміщеною називають статистичну оцінку  $Q^*$ , математичне сподівання якої дорівнює оцінюваному параметру  $Q$  при будь-якому обсязі вибірки, тобто  $M(Q^*)=Q$ .

Зміщеною називають оцінку, математичне сподівання якої не дорівнює оцінюваному параметру.

Визначення 2. Ефективною називають статистичну оцінку, яка при заданому обсязі вибірки  $n$  має найменшу можливу дисперсію.

При розгляді вибірок великого обсягу ( $n$  велике) до статистичних оцінок ставиться вимога спроможності.

Визначення 3. Спроможною називають статистичну оцінку, яка при  $n \rightarrow \infty$  прямує за ймовірністю до оцінюваного параметру. Наприклад, якщо дисперсія незміщеної оцінки при  $n \rightarrow \infty$  прямує до нуля, то така оцінка виявляється і спроможною [5].

У даній роботі незміщеність оцінки коефіцієнта структурної атипії характеризувалася відносною і абсолютною похибкою, ефективність цієї оцінки визначалася за допомогою середньоквадратичного відхилення. Спроможність оцінки забезпечувалась шляхом зміни розміру вибірки при обчисленні числових характеристик коефіцієнта структурної атипії. Значення розміру вибірки вибирались від 5 до 100 коефіцієнтів структурної атипії з кроком 5.

Нами було проведено експериментальне дослідження коефіцієнта структурної атипії, для чого використано 400 ГЗ тканин епітеліального шару по 100 зразків для класів нормальної тканини, слабкої, помірної та важкої дисплазії. Графік залежності абсолютної похибки від величини вибірки для нормальної тканини та дисплазії наведено на рисунку 1, обчислено показники чутливості та специфічності (табл. 1).

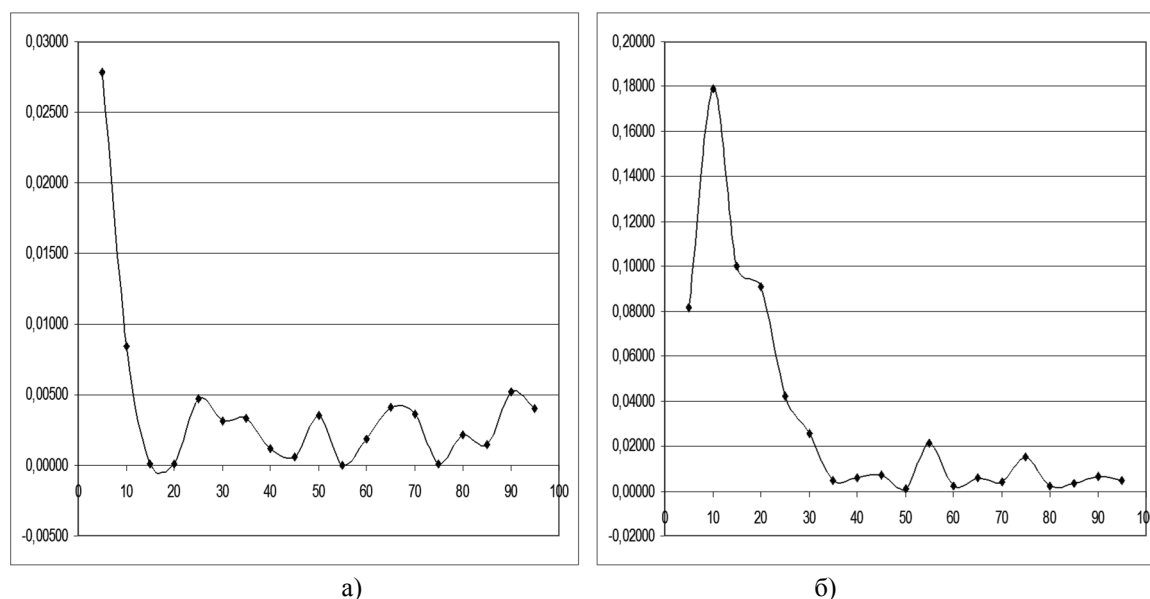


Рис. 1. Залежність абсолютної похибки від величини вибірки: а) нормальна тканини, б) слабка дисплазія

Таблиця 1

*Коефіцієнт структурної атипії тканин*

Класи зображень	Коефіцієнт структурної атипії	Чутливість	Специфічність
Важка дисплазія	0,25-1,67	0,95	0,94
Помірна дисплазія	0,62-1,11	0,94	0,93
Нормальна тканина	0,10-0,53	0,96	0,95

**Робота виконана в рамках держбюджетної теми «Гібридна інтелектуальна інформаційна технологія діагностування передракових станів молочної залози на основі аналізу зображень» №ДР116U002500.**

**Висновки.** У роботі досліджено коефіцієнт структурної атипії, який характеризує ступінь хаотичності розташування клітин у тканині. Коефіцієнт структурної атипії досліджено для патологічних процесів молочної залози. Доказано ефективність, незміненість і спроможність статистичної оцінки коефіцієнта структурної атипії на прикладі вибірки гістологічних зображень потужністю чотирьохсот зображень.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Ошибки в клинической онкологии // под ред. В.И. Чиссова, А.Х. Трахтенберга. – М.:ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 768 с.
2. Березький О. М. Статистична оцінка коефіцієнта структурної атипії на основі аналізу гістологічних зображень / О. М. Березький // Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2013. – Вип. 67. – С. 113-121.
3. Мельник Г.М. Інформаційна технологія аналізу структурних текстур для опрацювання зображень ауто- та ксеногенних тканин / Г.М. Мельник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – №6(219). – С. 73-79.
4. Березький О. М. Методи і алгоритми аналізу та синтезу асиметричних зображень / О. М. Березький // Искусственный интеллект. – 2010. – № 4. – С. 162–172.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1972. – 368 с.

**КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ  
АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ**

**Бодяньський Є.В.<sup>1</sup>, Винокурова О.А.<sup>1</sup>, Ізонін І.В.<sup>2</sup>, Кобилін І.О.<sup>1</sup>, Мулеса П.П.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери 12, м. Львів, 79013, Україна

<sup>3</sup>ДВНЗ «Ужгородський національний університет», пл. Народна, 3, Ужгород, 88000, Україна  
{yevgeniy.bodyanskiy, ilya.kobylin}@nure.ua, {vynokurova, ppmulesa, ivanizonin}@gmail.com

Задача кластерування та сегментування часових рядів достатньо добре досліджена в рамках інтелектуального аналізу даних (Data Mining) [1,2] і на цей час існує велика кількість різноманітних алгоритмів її рішення, що засновані на тих чи інших апріорних припущеннях. В багатьох практичних застосуваннях виникають ситуації, коли відомі і популярні підходи щодо розв'язання задачі виявляються неефективними та непрацездатними. Однією з таких задач є нечітка кластеризація коротких часових рядів з нерівномірним розподілом спостережень у часі [4, 5].

Досить близька до цієї задачі є кластеризація неповних рядів, в яких частина спостережень або втрачена, або взагалі відсутня. Особливістю цих задач є те, що об'єктом кластеризації є не окремі спостереження, а вибірки в цілому, самі спостереження фіксуються через нерівновіддалені моменти часу, а кластери, що формуються, перетинаються так, що кожна вибірка, що опрацьовується, може належати відразу декільком класам.

При цьому передбачається також, що вся вихідна інформація задана у формі фіксованого масиву даних, обсяг якого не змінюється. Ситуація ще більше ускладнюється, якщо вихідна інформація задана у формі багатовимірних часових рядів – тобто двовимірних полів спостережень.

Прикладом таких двовимірних полів можуть бути електромагнітні, термічні і оптичні поля, області забруднення повітря та води, біомедичні масиви спостережень та, насамперед, сигнали цифрового відео, що формують дискретні двовимірні поля. У зв'язку з цим є доцільним поширення підходу нечіткої кластеризації коротких часових рядів з нерівновіддаленими спостереженнями [5] на ситуацію, коли данні надходять на обробку в on-line режимі у формі багатовимірного потоку інформації в рамках концепції Data Stream Mining.

Нехай вихідна інформація задана у формі набору  $(q \times n)$ -вимірних матриць  $X(k) = \{x_{ip}(k)\}$  (тут  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  - номер окремого спостереження  $q$ -вимірної послідовності в  $k$ -й реалізації (вибірці),  $k = 1, 2, \dots, N$ ,  $p = 1, 2, \dots, q$  -  $p$ -а координата багатовимірного процесу), що містить  $N$  ( $N > n$ )  $q$ -вимірних реалізацій з нерівномірним тактом квантування, при цьому  $p$ -а компонента  $X(k)$  може бути представлена у вигляді  $(1 \times n)$ -вектору  $x_p(k) = (x_{1p}(k), x_{2p}(k), \dots, x_{np}(k))$ . Нерівномірність квантування означає, що  $\Delta t_i = t_i - t_{i-1} \neq \Delta t_{i+1} = t_{i+1} - t_i$ , тобто  $\Delta t_i \neq const$ .

Вводячи далі  $(1 \times n)$  – вектор  $\tilde{x}_p(k) = (\Delta x_{2p}(k), \Delta x_{3p}(k), \dots, \Delta x_{np}(k), x_{np}(k))$ , можна записати відстань у традиційній формі

$$d_{PS}^2(x_p(k), x_p(l)) = \|\tilde{x}(k) - \tilde{x}(l)\|^2 \quad (1)$$

Далі на базі метрики (1) нескладно реалізувати будь-який з методів нечіткого кластерного аналізу.

Для того, щоб скористатися ідеєю оцінки відстаней між рядами по їх першим різницям, введемо до розгляду  $(q \times n)$  – матрицю

$$\tilde{X}(k) = \begin{pmatrix} \Delta x_{21}(k) & \Delta x_{31}(k) & \dots & \Delta x_{n1}(k) & x_{n1}(k) \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \Delta x_{ip}(k) & \dots & \vdots \\ \vdots & \dots & \dots & \dots & \vdots \\ \Delta x_{2q}(k) & \Delta x_{3q}(k) & \dots & \Delta x_{nq}(k) & x_{nq}(k) \end{pmatrix},$$

де  $\Delta x_{i+1,p}(k) = \frac{x_{i+1,p}(k) - x_{ip}(k)}{\Delta t_{i+1}} = tg \alpha_{i+1,p}(k)$ , і замість евклідової відстані – сферичну норму:

$$D_{PS}^2(X(k), X(l)) = Tr(\tilde{X}(k) - \tilde{X}(l))(\tilde{X}(k) - \tilde{X}(l))^T \quad (2)$$

що є узагальненням (1) на матричний випадок.

На базі відстані (2) може бути проведено нечітку кластеризацію масиву реалізацій  $\tilde{X}(1), \tilde{X}(2), \dots, \tilde{X}(N)$ .

Якщо дискретні поля  $X(k)$  надходять на обробку послідовно в формі потоку даних, можна скористатися підходами, що використовуються в Data Stream Mining і, насамперед, адаптивними методами.

Для послідовної обробки даних найкращим чином пристосовані кластерувальні нейронні мережі – самоорганізовані карти Т. Кохонена [3], що дозволяють в on-line режимі самонавчання провести чітке розбиття потоку векторних спостережень. За умов, коли вихідна інформація надходить у формі  $(q \times n)$ -матричних спостережень класів, що перетинаються, можна скористатися матричною нейро-фаззі кластерувальною мережею.

Скориставшись для пошуку сідлової точки лагранжіана рекурентним алгоритмом нелінійного програмування Ерроу-Гурвица-Удзави, можна записати адаптивні процедури кластеризації багатовимірних коротких часових рядів з нерівномірним тактом квантування у вигляді

$$\left\{ \begin{aligned} u_j(k) &= \frac{(Tr(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1))(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1))^T)^{\frac{1}{1-\beta}}}{\sum_{g=1}^N (Tr(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_g(k-1))(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_g(k-1))^T)^{\frac{1}{1-\beta}}}, \\ \tilde{C}_j(k) &= \tilde{C}_j(k-1) - \eta(k) \{ \partial L(u_j(k), \tilde{C}_j, \lambda(k)) / \partial \tilde{C}_{jip} \} = \\ &= \tilde{C}_j(k-1) + \eta(k) u_j^\beta(k) (\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1)) \end{aligned} \right. \quad (3)$$

для довільного значення фаззіфікатора  $\beta$  (тут  $\eta(k)$ -параметр кроку навчання) і

$$\left\{ \begin{aligned} u_j(k) &= \frac{(Tr(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1))(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1))^T)^{-1}}{\sum_{g=1}^m (Tr(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_g(k-1))(\tilde{X}(k) - \tilde{C}_g(k-1))^T)^{-1}}, \\ \tilde{C}_j(k) &= \tilde{C}_j(k-1) + \eta(k) u_j^2(k) (\tilde{X}(k) - \tilde{C}_j(k-1)) \end{aligned} \right. \quad (4)$$

для  $\beta=2$ .

Нескладно помітити, що з позиції самонавчання кластерувальних мереж Т.Кохонена, другі рекурентні співвідношення у (3) та (4) є модифікаціями на матричний випадок правила налаштування на базі принципу «Переможець отримує більше» (WTM), де множник  $u_j^\beta(k)$  виконує роль функції сусідства. Отже, для розв'язання задачі нечіткої кластеризації багатовимірних часових рядів можуть бути використані архітектури, що є за суттю самоорганізованими мапами з  $(q \times n)$ -матричним входом і  $m$  матричними вузлами.

Таким чином, розглянута задача нечіткої кластеризації багатовимірних коротких часових рядів з нерівномірним тактом квантування, які можуть бути представлені у формі пакету спостережень, чи послідовно надходять на обробку в on-line режимі. В першому випадку може бути використана матрична модифікація методу нечітких С-середніх, а у другому – матрична модифікація нейро-фаззі мережі Т. Кохонена, що навчається на основі правила «Переможець отримує більше». Запропонована процедура нечіткої кластеризації є достатньо простою в обчислювальній реалізації і може бути використана для широкого класу задач, що пов'язані з Big Data та Data Stream Mining.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Bifet, A. Adaptive Stream Mining: Pattern Learning and Mining from Evolving Data Streams / A. Bifet. - IOS Press, 2010. – 224 p.
2. Bodyanskiy, Ye. Adaptive matrix fuzzy c-means clustering / Ye. Bodyanskiy, M. Skuratov, V. Volkova // Proc. 19th East-West Fuzzy-Colloquium. – Zittau-Görlitz: HS, 2012. – P.96-103.
3. Kohonen, T. Self-Organizing Maps / T. Kohonen // Berlin: Springer-Verlag. – 1995. – 362 p.
4. Höppner, F. Fuzzy Clustering Analysis: Methods for Classification, Data Analysis, and Image Recognition / F. Höppner, F. Klawonn, R. Kruse, T. Runkler. – Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 1999. – 289 p.
5. Möller-Levet, C.S. Fuzzy clustering of short time series with unevenly distributed sampling points / C.S. Möller-Levet, F. Klawonn, K.-H. Cho, O. Wolkenhauer // Lecture Notes in Computers Science. - Heidelberg: Springer, 2003.-Vol. 2810.-P.330-340.

## ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ

Бодяньський Є.В., Винокурова О.А., Пелешко Д.Д., Волошин В.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Науки, 14, м. Харків, 61166  
Приватний вищий навчальний заклад «Комп'ютерна академія Шаг», вул. Замарстинівська, 83а, м. Львів  
yevgeniy.bodyanskiy@nure.ua, {vynokurova, dpeleshko}@gmail.com, voloshyn\_v@itstep.org

В цей час гібридні системи обчислювального інтелекту, що побудовані на основі традиційних штучних нейронних мереж, отримали розповсюдження для розв'язання широкого кола задач обробки потоків інформації, включаючи задачі Data Stream Mining, де дані на обробку подаються в on-line режимі у формі багатовимірних часових рядів [1, 2]. Зрозуміло, що не всі нейронні мережі і, насамперед, традиційні багатовимірні перцептрони, а також їх гібриди (нейро-фаззи системи) мають змогу працювати в цьому режимі, і з цього приводу потребують істотного удосконалення і модифікації для можливості роботи за умов, коли дані надходять на обробку в послідовному режимі. Останні роки увагу до себе привертають системи обробки інформації, що використовують глибинне навчання і, насамперед, глибинні нейронні мережі, що демонструють високу якість отримуваних результатів, однак при цьому потребують великих часових затрат на навчання в порівнянні з традиційними нейронними мережами (shallow neural networks). Скоротити час навчання можливо, використовуючи, так звані, глибинні модульні опуклі нейронні мережі (deep stacking convex neural networks), чий шари утворені за допомогою простих нейромережових модулів, а задача навчання зводиться до задачі опуклої оптимізації, що має аналітичний розв'язок [3]. Зрозуміло, що маючи аналітичне рішення, нескладно організувати рекурентні on-line процеси навчання. Таким чином, у глибинних модульних опуклих системах обчислювального інтелекту пропонується використовувати багатовимірну адаптивну гібридну вейвлет-нейро-фаззи систему, що дозволяє обробляти нестационарні зашумлені потоки даних в on-line режимі, має невелике число налаштованих параметрів в порівнянні з відомими нейро-фаззи системами, є простою в обчислювальній реалізації (завдяки розпаралеленню обробки потоків інформації).

На рисунку 1 наведено архітектуру запропонованої багатовимірної глибинної гібридної модульної нейро-фаззи системи, що є гібридом каскадно-кореляційної нейронної мережі Фальмана-Леб'єра і каскадних нейро-фаззи систем з апріорно невизначеною кількістю шарів, що може безперервно збільшуватися.

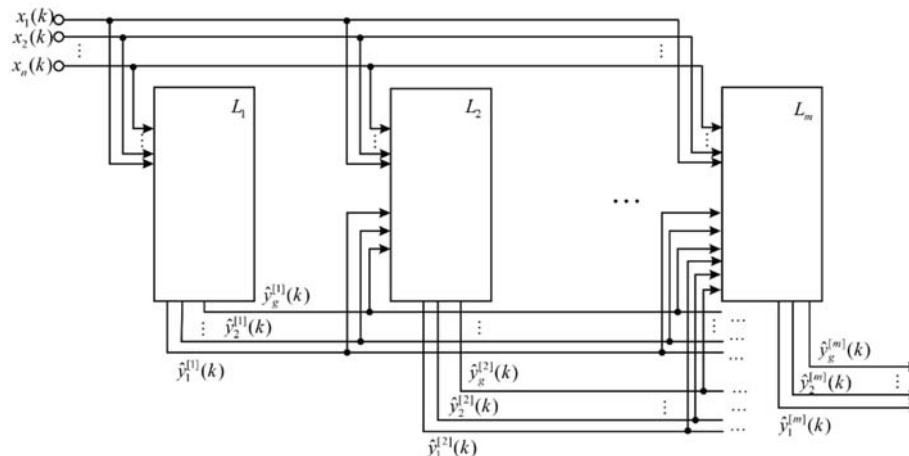


Рис. 1 – Архітектура глибинної гібридної вейвлет-нейро-фаззи системи

Система, що розглядається, реалізує нелінійне відображення  $R^n \rightarrow R^m$ , що забезпечується за допомогою послідовно з'єднаних шарів обробки інформації, кількість яких  $g$  визначається безпосередньо в процесі навчання. На вхід першого прихованого шару надходить вектор  $x(k) = (x_1(k), \dots, x_n(k))^T \in R^n$ , а на його виході з'являється багатовимірний сигнал  $\hat{y}^{[1]}(k) = (\hat{y}_1^{[1]}(k), \dots, \hat{y}_m^{[1]}(k))^T \in R^m$ ; на вхід другого шару надходить вектор  $(x^T(k), \hat{y}^{[1]T}(k))^T \in R^{n+m}$ , реакцією на який є  $\hat{y}^{[2]T}(k) \in R^m$ ; входами і виходами третього

шару  $\in (x^T(k), \hat{y}^{[1]T}(k), \hat{y}^{[2]T}(k))^T \in R^{n+2m}$ ,  $\hat{y}^{[3]}(k) \in R^m$  і, нарешті, входами  $g$ -го шару  $\in (x^T(k), \hat{y}^{[1]T}(k), \dots, \hat{y}^{[g-1]T}(k))^T \in R^{n+(g-1)m}$ , а виходами -  $\hat{y}^{[g]T}(k) \in R^m$ .

Така архітектура системи дозволяє не використовувати для навчання традиційний алгоритм зворотного поширення похибок, а налаштовувати кожний шар послідовно один за одним при надходженні вихідного сигналу з попереднього шару. При цьому якщо вихідний сигнал кожного шару лінійно залежить від налаштованих параметрів задача навчання перетворюється в задачу опуклої оптимізації. Процес навчання запропонованої системи проілюструємо на прикладі першого прихованого шару  $L_1$ , при цьому таке навчання розглядається як процес оцінювання синаптичних ваг в кожному з шарів системи.

Введемо до розгляду  $(m \times 1)$ -вимірний вектор навчальних сигналів  $y(k) = (y_1(k), \dots, y_m(k))^T$ ,  $(m \times gh)$ -матрицю синаптичних ваг у  $k$ -й момент часу  $k = 1, 2, \dots, N$

$$W(k) = \begin{pmatrix} w_{111}(k) & w_{121}(k) & \dots & w_{1gh}(k) \\ w_{211}(k) & w_{222}(k) & \dots & w_{2gh}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{m11}(k) & w_{m21}(k) & \dots & w_{mgh}(k) \end{pmatrix} = \{w_{pjl}\} \quad (1)$$

і критерій оцінювання

$$E(k) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k \alpha^{k-j} \|y(j) - \hat{y}(j)\|^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k \sum_{p=1}^m \alpha^{k-j} e_p^2(j) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k \alpha^{k-j} \|y(j) - W \tilde{\varphi}(\tilde{x}(j))\|^2 \quad (2)$$

(тут  $0 < \alpha \leq 1$  параметр забування застарілої інформації), мінімізація якого за допомогою Гауссово-Н'ютонівських процедур веде до відомого алгоритму

$$\begin{cases} W(k) = W(k-1) + \frac{(y(k) - W(k-1)\tilde{\varphi}(\tilde{x}(k)))\tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k))P(k-1)}{\alpha + \tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k))P(k-1)\tilde{\varphi}(\tilde{x}(k))}, \\ P(k) = \frac{1}{\alpha} \left( P(k-1) - \frac{P(k-1)\tilde{\varphi}(\tilde{x}(k))\tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k))P(k-1)}{\alpha + \tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k))P(k-1)\tilde{\varphi}(\tilde{x}(k))} \right), \end{cases} \quad (3)$$

що може бути нестійким при малих значеннях параметру  $\alpha$ .

З цього приводу доцільно скористатися градієнтною процедурою мінімізації критерію (2), що веде до алгоритму навчання

$$\begin{cases} W(k) = W(k-1) + r^{-1}(k)e(k)\tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k)), \\ r(k) = \alpha r(k-1) + \|\tilde{\varphi}(\tilde{x}(k))\|^2, \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \end{cases} \quad (4)$$

В задачах розпізнавання образів замість традиційних квадратичних критеріїв навчання типу (2) доцільно ввести до розгляду цільову функцію спеціального вигляду, що для множини вихідних сигналів  $\hat{y}_1(k), \dots, \hat{y}_p(k), \dots, \hat{y}_m(k)$  може бути записана у формі

$$E(k) = \sum_{p=1}^m e_p(k) \hat{y}_p(k) = \sum_{p=1}^m (y_p(k) \hat{y}_p(k) - |\hat{y}_p(k)|) = \sum_{p=1}^m (y_p(k) - \text{sign}(w_p \tilde{\varphi}(\tilde{x}))) w_p \tilde{\varphi}(\tilde{x}(k)), \quad (5)$$

де  $w_p$  -  $p$ -й рядок матриці  $W$  синаптичних ваг,  $y_p(k)$  - навчальний сигнал, що приймає тільки два значення  $y_p(k) \in \{-1, 1\}$ .

Градієнтна мінімізація критерію (5) веде до алгоритму навчання виду

$$W(k) = W(k-1) + \eta(k) (y_p(k) - \text{sign}(w_p \tilde{\varphi}(\tilde{x}))) \tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k)) = W(k-1) + \eta(k) (y(k) - \text{sign} \hat{y}(k)) \tilde{\varphi}^T(\tilde{x}(k)), \quad (6)$$

де  $\text{sign} \hat{y}(k) = (\text{sign} \hat{y}_1(k), \dots, \text{sign} \hat{y}_p(k), \dots, \text{sign} \hat{y}_m(k))^T$ ,  $\eta(k)$  - параметр швидкості навчання.

Другий і всі наступні шари запропонованої гібридної вейвлет-нейро-фаззі системи налаштовуються аналогічно. Розмірність вихідного сигналу всіх шарів постійна, тобто  $\dim \hat{y}^{[1]}(k) = \dim \hat{y}^{[2]}(k) = \dots = \dim \hat{y}^{[g]}(k) = (m \times 1)$ .

Таким чином, запропонована глибинна гібридна вейвлет-нейро-фаззі система проста в обчислювальній реалізації і має високу швидкодію завдяки відмові від алгоритмів зворотного поширення похибки в процесі навчання. Вона може бути використана для розв'язання широкого кола задач Data Mining, включаючи Data Stream Mining та Dynamic Data Mining і, насамперед, ідентифікації, прогнозування емуляції, розпізнавання образів, класифікації в on-line режимі, наприклад, у вбудованих

інтелектуальних системах, коли на перший план виходить висока швидкість обробки нестационарних потоків даних, коли інформація послідовно поступає на вхід системи.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Bodyanskiy Ye., Vynokurova O., Peleshko D., Setlak G., Mulesa P. Adaptive multivariate generalized additive neuro-fuzzy systems and its on-board fast learning // Neurocomputing. - 2017. – 230. – P. 409–416.
2. Bodyanskiy Ye., Vynokurova O., Tyshchenko O. Hybrid wavelet-neuro-fuzzy systems of computational intelligence // A. Hassaniien, & T. Gaber (Eds.), Handbook of Research on Machine Learning Innovations and Trends, Hershey, PA: IGI Global, 2017. - P. 787-825.
3. Bodyanskiy Ye., Vynokurova O., Mulesa P., Setlak G., Pliss I. Fast learning algorithm for deep evolving GMDH-SVM neural network in data stream mining tasks // Proc. of 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP). - 2016. - P. 257-262.

### АДАПТАЦИЯ ЦЕНТРОВ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИРУЮЩЕЙ НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМЫ

Бодянский Е. В., Перова И.Г., Мирошниченко Н.С.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
г. Харьков, пр. Науки 14.

e-mail: yevgeniy.bodyanskiy@nure.ua, rikywenok@gmail.com, nellymiroshnichenko@mail.ru

В настоящее время методы интеллектуальной обработки медицинских данных [1,2] являются основой любой медицинской диагностирующей системы. Основной проблемой, с которой сталкиваются исследователи в данной области является постоянно изменяющееся количество контролируемых медицинских показателей и возможных диагнозов. Таким образом, необходимо создать нечеткую систему, в которой предусмотрена возможность изменять количество входов-выходов с возможностью регулирования дополнительных параметров системы с целью учета информативности анализируемых показателей.

Введем в рассмотрение архитектуру диагностирующей нейро-фаззи-системы  $l = 1, 2, \dots, h$  (DNFS), приведенную на рис.1 и состоящую из 6-ти последовательно соединенных слоев [3]. На входной слой системы подается вектор сигналов-признаков  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T \in R^n$ , где  $k = 1, 2, \dots$  – в данном случае текущее время. На выходе первого скрытого слоя появляется  $hn$  значений  $\mu_{li}(x_i(k))$ ,

$i = 1, 2, \dots, n$ ; , на выходе второго скрытого слоя –  $h$  сигналов  $\hat{x}_i = \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$ , на выходе третьего

скрытого слоя –  $m$  сигналов:  $\tilde{x}_j(k) = \sum_{l=1}^h w_{jl} \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k)) = \sum_{l=1}^h w_{jl} \hat{x}_i(k)$  и  $\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$ , четвертого –

$$u_j(k) = \varphi(\tilde{x}_j(k)) = \begin{cases} \tilde{x}_j(k) & \text{if } \tilde{x}_j(k) > 0, \\ 0 & \text{if } \tilde{x}_j(k) \leq 0, \end{cases}$$

пятого –  $m$  дефаззифицированных сигналов  $\tilde{\mu}_j(k) = \frac{u_j(k)}{\sum_{j=1}^m u_j(k)} = \frac{\varphi\left(\sum_{l=1}^h w_{jl} \hat{x}_i(k)\right)}{\sum_{j=1}^m \varphi\left(\sum_{l=1}^h w_{jl} \hat{x}_i(k)\right)}$  и на выходе

последнего слоя  $\mu^*(k) = \max\{\mu_1(k), \mu_2(k), \dots, \mu_m(k)\}$ .

Вводя далее критерий обучения

$$E_j(k) = \frac{1}{2} \|d(k) - \tilde{x}(k)\|^2 \quad (1)$$

можно записать алгоритм настройки синаптических весов в виде:

$$W(k+1) = W(k) + (d(k) - W(k)\hat{x}(k))\hat{x}^+(k), \quad (3)$$

где  $d(k) = (d_1(k), d_2(k), \dots, d_m(k))^T$  – обучающий сигнал, принимающий значение 0 или 1;



$\hat{x}(k) = (\hat{x}_1(k)I_m^T, \hat{x}_2(k)I_m^T, \dots, \hat{x}_h(k)I_m^T)^T$  – выход второго скрытого слоя,  $I_m = (m \times 1)$  – вектор, образованный единицами;  $\tilde{x}(k) = (\tilde{x}_1(k), \tilde{x}_2(k), \dots, \tilde{x}_m(k))^T$  – вектор третьего скрытого слоя.

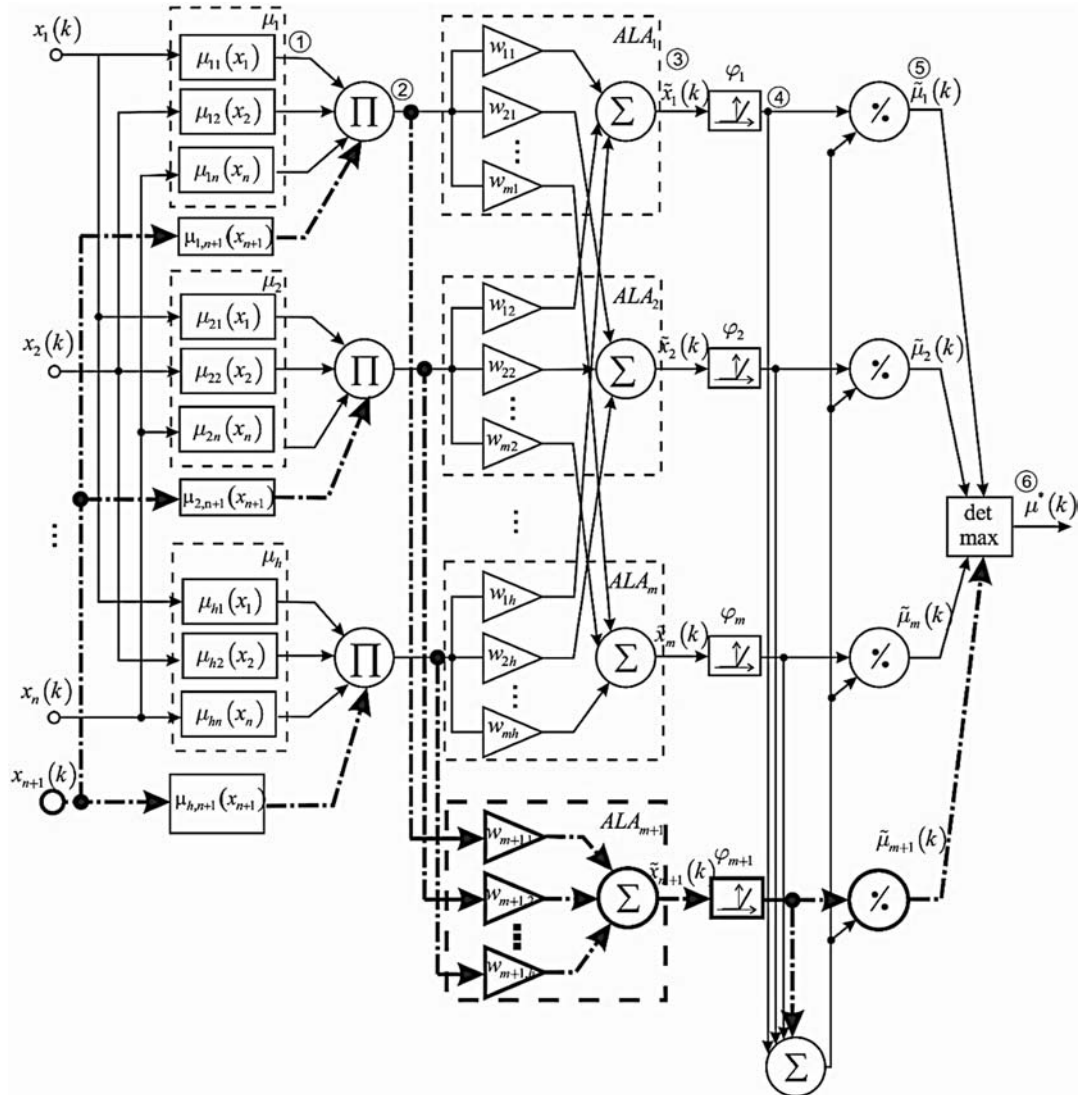


Рис 1. – Нечеткая эволюционирующая диагностирующая нейро-фаззи система

Несложно ввести алгоритм обучения для эволюционирующей системы с  $m+1$  выходами и  $n+1$  входами DNFS $_{m+1,n+1}$  на основе уже настроенной системы DNFS $_{mn}$  с  $m$  выходами и  $n$  входами:

$$W^*(k+1) = \begin{pmatrix} W(k) \\ \dots \\ w_{m+1}^T(k) \end{pmatrix} + \left( \begin{pmatrix} d(k) \\ \dots \\ d_{m+1}(k) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \tilde{x}(k) \\ \dots \\ \tilde{x}_{m+1}(k) \end{pmatrix} \right) \hat{x}^+(k). \quad (4)$$

Более сложной задачей является настройка центров функций принадлежности первого скрытого слоя  $\mu_{ij}(x_i(k)) = \exp\left(-\frac{(x_i(k) - c_{ij})^2}{2\sigma_i^2}\right)$ , что можно сделать путем введения в алгоритм обучения еще одного

уравнения. Это можно сделать с помощью градиентной процедуры вида  $c(k+1) = c(k) - \eta(k) \frac{\partial E}{\partial c}$ , в

которой  $\frac{\partial E}{\partial c} = \frac{\partial E}{\partial e} \cdot \frac{\partial e}{\partial \tilde{x}} \cdot \frac{\partial \tilde{x}}{\partial \hat{x}} \cdot \frac{\partial \hat{x}}{\partial \mu} \cdot \frac{\partial \mu}{\partial c}$ .

Таким образом введена эволюционирующая диагностирующая нейро-фаззи система, которая способна учитывать информативность медицинских показателей и оптимизировать свои параметры,

включая ширину функций принадлежности, количество входных и выходных данных и собственно настраиваемые синаптические веса.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Rizzo R. Computational Intelligence Methods for Bioinformatics and Biostatistics / Rizzo R. - In Lecture Notes in Bioinformatics (7th International Meeting, CIBIB 2010, Palermo, Italy, September 16-18, 2010). – Springer. – 2011. – 301 p.
2. Kountchev R. Advances in Intelligent Analysis of Medical Data and Decision Support Systems (Studies in Computational Intelligence) / Kountchev R. and etc - Springer. – 2013. – 246 p.
3. Бодянский Е.В., Винокурова Е.А., Мулеса П.П., Перова И.Г. Диагностирующая нейро-фаззи-система и ее адаптивное обучение в задачах интеллектуальной обработки данных медико-биологических исследований / Системные технологии. – 2014. – Вып. 2 (91). – с. 125-135.
4. Shepherd A.J. Second-Order Methods for Neural Networks / A.J. Shepherd. – London: Springer-Verlag. – 1997. – 145 p.
5. Otto P., Bodyanskiy Ye., Kolodyazhnyi V. A new learning algorithm for forecasting neural-fuzzy network // Integrated Computer-Aided Engineering. – 10. – №4. – Amsterdam : IOS Press, 2003. – P. 399–409.

### МЕТОД НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ С ПОЛИНОМИАЛЬНЫМ ФАЗЗИФИКАТОРОМ И ВЗВЕШИВАНИЕМ КОМПОНЕНТ

Бодянский Е. В., Дейнеко А.А., Золотухин О.В.

*Харьковский национальный университет радиозлектроники, г. Харьков, пр. Науки 14.  
e-mail: yevgeniy.bodyanskiy@nure.ua, anastasiya.deineko@gmail.com, oleg.zolotukhin@nure.ua*

Задача кластеризации (классификации без учителя) массивов и потоков многомерных наблюдений (векторов-образов) является важной составляющей частью современного аппарата Data Mining и Data Stream Mining [1, 2]. На сегодня для решения этой задачи разработано множество различных алгоритмов, при этом в основе большинства из них лежит гипотеза разделимости формируемых кластеров. Это означает, что каждый конкретный вектор-образ может принадлежать только одному кластеру. Более естественной представляется ситуация, когда каждый из анализируемых векторов наблюдений с различными уровнями принадлежности, возможности и т.п. может относиться одновременно к нескольким кластерам. Подобная ситуация является предметом рассмотрения нечеткого (фаззи-) кластерного анализа [2], в основе которого лежит предположение, что классы данных не разделяются, а перекрываются, а каждому наблюдению могут быть поставлены в соответствие неотрицательные уровни принадлежности каждому из кластеров. В классе алгоритмов нечеткой кластеризации наиболее строгими с математической точки зрения являются процедуры, основанные на целевых функциях [3, 4] и решающие задачу их оптимизации при тех или иных априорных предположениях. Наиболее распространенными здесь являются вероятностный подход к нечеткой кластеризации. И хотя на сегодня известно большое число алгоритмов нечеткой кластеризации, позволяющих решать достаточно широкий класс задач, большинству из них присущ недостаток, состоящий в том, что возможности нечеткой кластеризации данных высокой размерности ограничиваются феноменом концентрации норм (CoN), ведущему к тому, что уровни принадлежности любого наблюдения равномерно «размываются» по всем кластерам. Решение проблемы может быть связано с использованием норм (метрик) специального вида, позволяющих так или иначе провести разделение перекрывающихся кластеров в пространствах высокой размерности.

Представляется целесообразным объединить рассмотренные процедуры и синтезировать алгоритм нечеткой кластеризации данных высокой размерности достаточно простой с вычислительной точки зрения, содержащий минимальное число свободных параметров и позволяющий обрабатывать информацию как в пакетном, так и в последовательном on-line режимах.

Ведем в рассмотрение целевую функцию нечеткой кластеризации вида

$$E^{KA}(u_j(k), c_j) = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m (\alpha u_j^2(k) + (1-\alpha) u_j(k)) \|\tilde{x}(k) - c_j\|_{r_j}^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^m (\alpha u_j^2(k) + (1-\alpha) u_j(k)) \sum_{i=1}^n \gamma_{ji}^2 (\tilde{x}_i(k) - c_{ji})^2. \quad (1)$$

Здесь кроме полиномиального фаззификатора вводится «взвешивание» каждой компоненты вектора отклонений наблюдений от соответствующего центраида  $(\tilde{x}_i(k) - c_{ji})$  на переменную  $\gamma_{ji}$ , подлежащую определению.

В пакетном варианте предлагаемый алгоритм нечеткой кластеризации может быть реализован с помощью следующей последовательности повторяющихся шагов:

1. Задание параметра  $0 < \alpha < 1$ ; начальных значений параметров центроидов  $-1 \leq c_{ji} \leq 1$  и весов  $\gamma_{ji} = n^{-1}$ .

2. Расчет начальных уровней принадлежности с помощью выражения

$$u_j(k) = \frac{\alpha - 1}{2\alpha} - \frac{m \frac{\alpha - 1}{2\alpha}}{\sum_{j=1}^m \frac{\|\tilde{x}(k) - c_j\|_{\Gamma_j}^2}{\|\tilde{x}(k) - c_j\|_{\Gamma_j}^2}}. \quad (2)$$

3. Расчет весов с помощью выражения

$$\gamma_{ji} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{k=1}^N (\alpha u_j^2(k) + (1 - \alpha) u_j(k)) (\tilde{x}_i(k) - c_{ji})^2}{\sum_{k=1}^N (\alpha u_j^2(k) + (1 - \alpha) u_j(k)) (\tilde{x}_i(k) - c_{ji})^2} \right)}. \quad (3)$$

4. Коррекция центроидов с помощью выражения

$$c_{ji} = \frac{\sum_{k=1}^N (\alpha u_j^2(k) + (1 - \alpha) u_j(k)) \gamma_{ji}^2 \tilde{x}_i(k)}{\sum_{k=1}^N (\alpha u_j^2(k) + (1 - \alpha) u_j(k)) \gamma_{ji}^2}. \quad (4)$$

5. Уточнение уровней принадлежности с помощью выражения (2).

6. Возврат к шагу 3.

Процесс расчетов продолжается до стабилизации положения векторов-центроидов.

Рассмотренный алгоритм нечеткой кластеризации предусматривает, что весь массив обрабатываемых данных, содержащий  $N$  наблюдений, задан заранее и не изменяется в процессе обработки. Если же данные поступают на обработку последовательно в форме потока, подобный подход явно не эффективен.

В случае потоковой обработки информации предлагается ввести архитектуру, которая по своей сути является обобщением адаптивной нейро-фаззи сети Т. Кохонена [5, 6] на рассматриваемую задачу и содержит три слоя обработки информации. Первый слой – слой Т. Кохонена (KL) [7] есть по сути стандартная 1D – самоорганизующаяся карта (SOM), синаптические веса-центроиды которой настраиваются на основе конкурентного WTM-самообучения. Во втором скрытом слое (ML) оцениваются уровни принадлежности для каждого поступающего наблюдения и, наконец, в третьем выходном слое корректируются значения весов. Архитектура кластеризирующей нейро-фаззи сети Т. Кохонена приведена на рис. 1.

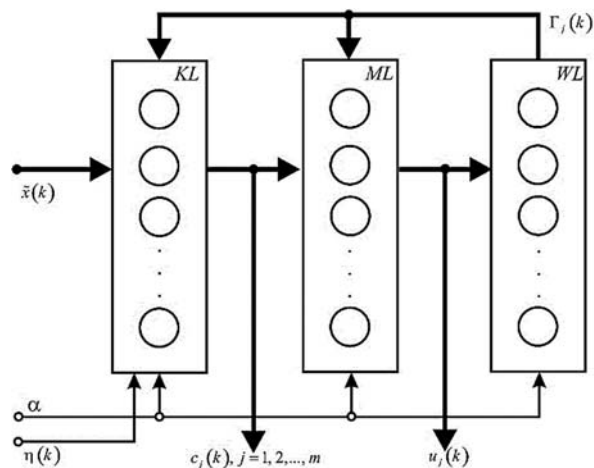


Рис 1. – Кластеризирующая нейро-фаззи сеть Т. Кохонена

Таким образом рассмотрена задача нечеткой кластеризации массивов данных высокой размерности и предложен подход к ее решению на основе использования полиномиального фаззификатора и взвешивания компонент обрабатываемых векторов-образов. Предложены пакетный алгоритм решения задачи и его on-line версия, являющаяся по сути процедурой самообучения кластеризирующей нейро-фаззи сети Т. Кохонена.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Gan, G., Ma, Ch. and Wu, J., Data Clustering: Theory, Algorithms and Applications, Philadelphia: SIAM, 2007, 466 p.
2. Xu, R. and Wunsch, D.C., Clustering, IEEE Press Series on Computational Intelligence. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc., 2009, 370 p.
3. Bifet, A. Adaptive Stream Mining: Pattern Learning and Mining from Evolving Data Streams, IOS Press, 2010.
4. Bezdek, J.-C. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, N.Y.: Plenum Press, 1981, 272 p.
5. Bodyanskiy Ye. Deineko A., Kutsenko Y. and Zayika O. Data streams fast EM-fuzzy clustering based on Kohonen's self-learning. The 1st IEEE International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP 2016): Proc. of Int. conf., Lviv. 2016. pp. 309-313.
6. Bodyanskiy Ye., Kolchygin B. and Pliss I. Adaptive neuro-fuzzy Kohonen network with variable fuzzifier. Int. J. Information Theories & Applications. 2011. 15. № 3. pp. 215 – 223.
7. Kohonen, T. Self-Organizing Maps. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 362 p.

### ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ЦЕЛИ

Воробей В.И.

*Киевская государственная академия водного транспорта  
имени гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного,  
г. Киев, ул. Кирилловская, 9,  
vivkcmi@iptelecom.net.ua*

Цифровая обработка радиолокационной информации в средствах автоматической радиолокационной прокладки (САРП) базируется, в частности, на том, что сигнал на выходе радиолокационного приемника подвергается бинарному квантованию по амплитуде и времени в пределах физического строга автоматического сопровождения цели. В результате формируется бинарная матрица, состоящая из нулей и единиц. Группа единиц создает бинарный радиолокационный портрет (РЛП), соответствующий полезному сигналу. Кроме того скопления единиц создают области, обусловленные отблесками отражениями радиолокационного сигнала от морской поверхности, участков береговых массивов, облаков и других источников помех. Местоположение цели вычисляется, как координаты «центра тяжести» связанных зон РЛП [1]. Проблема состоит в том, что по завершении решения задачи обнаружения крупноразмерной цели по контуру ее РЛП наблюдается прилегание помех, которые могут внести ошибку в вычисление ее пеленга и дальности. Поэтому задача заключается в устранении подобных помех для увеличения точности вычисления координат объекта.

Анализ проведенных исследований показал, что за основу решения проблемы целесообразно принять исследования алгоритма обучения обнаружению цели (1), (2) при указаниях учителя (3) [2]

$$C_g[n] = U(n, n-1, C_g[n-1]) + \gamma_g[n] \omega_{21} \left( (F_1 \{ \vec{Q}[\vec{X}[n], U(n, n-1, C_g[n-1])] \} - 1) \right), \quad (1)$$

если  $\vec{S}_g \neq 0$ ;

$$C_g[n] = U(n, n-1, C_g[n-1]) + \gamma_g[n] \omega_{12} F_1 \{ \vec{Q}[\vec{X}[n], U(n, n-1, C_g[n-1])] \} \quad (2)$$

если  $\vec{S}_g = 0$ ,

$$F_1 \{ \vec{Q}[\cdot] \} = \begin{cases} 1, & \text{если } \vec{X} \in X_1^0, \\ 0, & \text{если } \vec{X} \in X_1^0, \end{cases} \quad (3)$$

В [2] и других работах решается задача исследования алгоритма (1), (2): приводятся результаты анализа с точки зрения его сходимости, вида закона распределения входной помехи, источника формирования обучающей выборки и др. **Нерешенная часть проблемы** заключается в исследовании алгоритма обнаружения с точки зрения возможности последующего уменьшения ошибки вычисления координат крупноразмерных объектов.

**Цель данной работы** – уменьшение ошибки измерения пеленга и дальности крупноразмерных, протяженных объектов в САРП на базе использования возможностей алгоритма обучения обнаружению объекта.

Для достижения поставленной цели в работе проводилось исследование алгоритма (1), (2) методом имитационного моделирования алгоритма и процесса на входе усилителя промежуточной частоты (УПЧ) радиолокационного приемника при следующих исходных данных:

- $n$  – номер оборота антенны;
  - решается задача обнаружения одной цели в одном строке ( $C_g[n] = C[n]$ ),
  - процесс на входе УПЧ – квазистационарен ( $U_g(n, n-1, C_g[n-1]) = C[n-1]$ );
  - закон изменения скорости сходимости алгоритма – показательный ( $\gamma_g = \gamma = \text{const}$ );
  - $\omega_{12} = \omega_{21} = 1$ ;
  - регулировочная характеристика УПЧ – линейная;
  - $Q[\cdot]$  – функция, реализующая УПЧ и видеоусилитель;
  - $F_1\{\cdot\}$  – функция, принимающая значения 0 или 1, реализующая критерий логического обнаружения пачки импульсов с фиксацией ее границ «3/5 – 2» [3], зависящая от порога  $B$  бинарного квантования видеосигнала по амплитуде, амплитуды огибающей входного сигнала и параметров приемника;
  - распределение огибающей амплитуд помехи на входе УПЧ подчиняется закону Релея;
  - указания учителя  $y[n]$  поступают от оператора САРП (вахтенного помощника капитана) и принимают значение, равное 1, если в строке должен быть полезный сигнал и равное 0 в противном случае.
- Алгоритм (1), (2) с учетом исходных данных можно записать в следующем виде

$$C[n] = C[n-1] + \gamma(F_1[n] - y[n]) \quad (4)$$

Моделирование показало, что по достижению цели обучения - завершении сходимости алгоритма обучения к оптимальному значению параметра  $C^*$  (управляющее воздействие, изменяющее коэффициент усиления УПЧ) или ряду оптимальных значений  $C^{*i}$  в зависимости от соотношения сигнал/помеха - обнаруживалась крупноразмерная цель (более 50 единиц) на фоне различных помех по критерию равенства вероятностей ошибок первого и второго рода с соответствующими весовыми коэффициентами (ложной тревоги и пропуска сигнала с учетом их стоимостей). Однако по контуру РЛП оставалось прилегание множества помех, которые искажали портрет, внося ошибки в определение его центра тяжести.

Для решения задачи в работе предлагается двухконтурная обучающаяся система, суть функционирования которой заключается в следующем.

После выработки оптимального значения  $C^*$  продолжено изменение параметра  $C$  по критерию стабилизации амплитуды шумов приемника (число единиц в строке) на уровне, соответствующему наиболее четкому контуру РЛП цели при соблюдении требования: значение управляющего воздействия  $C_{ш}$ , полученное из условия стабилизации уровня шумов, должно принадлежать к ряду оптимальных значений  $C^{*i}$ . Алгоритм обучения в этом случае принимает вид

$$C[n] = C[n-1] + \gamma(F_1[n] - y[n]) + \{sg(P_T - P_3)\}sgn(F_1[n] - y[n]) \quad (5)$$

$$\text{где } sgn(P_T - P_3) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_T - P_3 > 0 \\ 0, & \text{если } P_T - P_3 = 0, \\ -1, & \text{если } P_T - P_3 < 0 \end{cases} \quad \text{- функция, реализующая стабилизацию уровня шумов,}$$

$$sgn(F_1 - y[n]) = \begin{cases} 1, & \text{если } F_1 - y[n] = 0 \\ 0, & \text{если } F_1 - y[n] = \pm 1 \end{cases} \quad \text{- функция, которая дает разрешение на стабилизацию уровня шумов,}$$

$P_T$  – текущий уровень шумов,  
 $P_3$  – заданный уровень шумов.

Исследование алгоритма показало уменьшение ошибки определения координат (центра тяжести РЛП) крупноразмерной цели на 20' по пеленгу 30 м по дальности.

Максимальные суммарные ошибки определения координат в САРП могут достигать 2 градусов по пеленгу и 100 метров по дальности (при самых неблагоприятных условиях), поэтому можно принять, что предложенная двухконтурная обучающаяся система позволяет уменьшить ошибку определения координат на 16% по пеленгу и 27% по дальности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Судовые средства автоматизации предупреждения столкновений судов// Зубаров Ю.Г., Черняев Р.Н., Якшевич Е.В., Яловенко В.Я. – М.: Транспорт, 1985. – 264 с.
2. Воробей В.И. Обучающийся обнаружитель радиолокационного сигнала при отсутствии дополнительных указаний учителя. Водный транспорт. 36.наук.праць Київської державної академії водного транспорту. К.: РВВКДАВТ. 2014. – №3(21). С.45-50.
3. Кузьмин С.З. Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации/ С.З.Кузьмин – М.:Советское радио, 1974. – 432 с.

### КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ІТ ПРОЕКТІВ

Гожий В.А.

*Чорноморський національний університет ім. П.Могилу,  
Україна, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.  
E-mail: gozhyi.v@gmail.com*

#### Вступ.

Дослідження ризиків при розробці та впровадженні ІТ проектів має велике значення, так як ефективна оцінка ризиків дозволяє запобігти зайвим фінансовим втратам і спрогнозувати майбутній розвиток ситуації при розробці нових проектів. Останнім часом отримали розвиток методи видобування знань з даних, такі як методи інтелектуального аналізу даних, методи нечіткого аналізу і моделювання та інші. Це дає досліднику потужний інструмент для подолання невизначеностей при моделюванні складних систем і процесів різної природи. Для дослідження складних систем доцільно застосування нечітких когнітивних карт [1,3]. Дослідження ризику при створенні ІТ проектів за допомогою нечітких когнітивних карт НКК дозволяє визначити величину ризику, та вплив системи на значення ризику. Ситуація при розробці ІТ проекту може бути описана на основі когнітивної карти та значень системних змінних, що робить можливим використання класичних підходів з теорії систем. Аналіз когнітивної карти дозволяє виявити структуру проблеми, знайти найбільш значущі фактори, що впливають на неї, оцінити вплив факторів (концептів) один на одного. Активне використання нечітких когнітивних карт в якості засобу моделювання систем та процесів обумовлено можливістю наочного подання системи, яка аналізується, і легкістю інтерпретації причинно-наслідкових зв'язків між концептами.

#### Постановка задачі.

Метою данної статті є побудова нечіткої когнітивної карти для визначення і оцінювання найбільш впливових факторів, які впливають на величину корпоративних ризиків при створенні ІТ проектів.

#### Основний матеріал.

Процес формування і використання когнітивних карт у задачах аналізу інформації представляється у вигляді послідовності наступних кроків: визначення списків концептів (згідно списку концептів у разі опитування групи експертів); визначення відносин причинності (впливу) між кожною парою концептів (узгоджених відносин причинності); побудова когнітивної карти; аналіз системних характеристик когнітивних карт; прийняття рішень на основі аналізу системних характеристик НКК.

На даний час відомо кілька видів когнітивного аналізу на основі когнітивних карт, які розрізняються способами типом когнітивних карт і методами їх аналізу [1]. Найбільш поширені види когнітивних карт такі: – знакові когнітивні карти [1]; – нечіткі когнітивні карти Коско [2]; – модифіковані нечіткі когнітивні карти Коско [2]; – нечіткі реляційні когнітивні карти [3]; – нечіткі продукційні когнітивні карти [3]; – нечіткі когнітивні карти Силова [1].

Найбільш універсальні - це нечіткі когнітивні карти Силова. Головною у процесі аналізу за допомогою нечітких когнітивних карт є процедура обчислення системних характеристик когнітивної карти [194]: спільного консонансу, дисонансу та впливу, заснована на порівнянні контурів, утворених з концептів карти за критерієм відповідності, балансу і сили впливу. Список основних концептів наведено в табл.1. На рис.1 наведена нечітка когнітивна карта для моделювання основних факторів при створенні нового ІТ проекту.

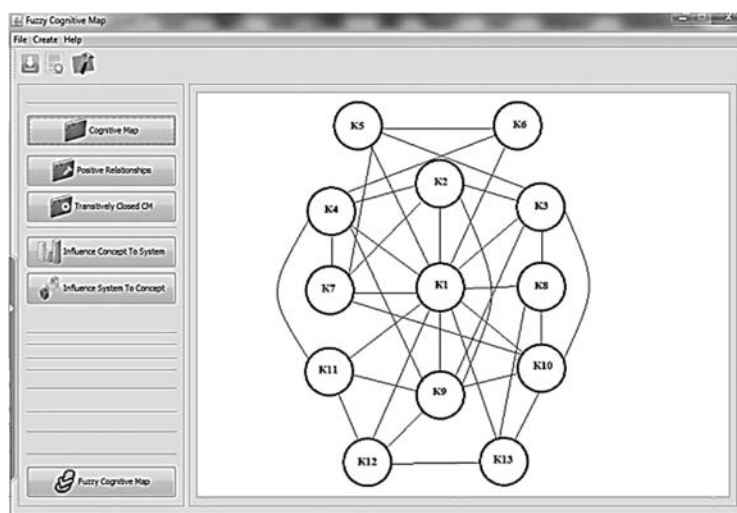


Рис.1 Нечітка когнітивна карта для моделювання ризику факторів при створенні нового ІТ проекту.

Таблиця 1

## Список концептів НКК

№ Концепта	Тип Концепта
K1	Ризик при розробці нового ІТ проекту
K2	Розмір і складність проекту
K3	Можливість фірми фінансування ІТ проекту на протязі тривалого часу
K4	Необхідність в нових технологіях
K5	Конкурентний тиск
K6	Нові ініціативи конкурентів
K7	Можливість конкурентів інвестувати в ІТ
K8	Можливість фірми реагувати довгий час на дії конкурентів
K9	Кадрові ресурси фірми
K10	Ситуація на ринку
K11	Потреба в проєкті
K12	Зміна стратегії фірми
K13	Тривалість проєкту

При аналізі когнітивної карти досліджувались системні показники: консонанс і дісонанс, а також вплив системи на концепти і концептів на систему. Моделювання та обчислення системних показників проводилось в програмному середовищі FCM. В результаті аналізу системних показників НКК визначено, що найбільш впливовими концептами впливаючими на ризик створення нових ІТ проєктів є концепти K2, K3, K5, K8, K11, K13 вплив таких концептів таких як K6, K8, K10 - суттєво впливає на розвиток ситуації на ринку ІТ проєктів.

**Висновки.**

В результаті когнітивного моделювання визначені найбільш фактори (концепти), які впливають на рівень ризику. Впливаючи на ці концепти можливо регулювати значення ризику.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Робертс Ф.С. Дискретные модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука. 1986.
2. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНФОРМ-РЕС. 1995.
3. Kosko, B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal on Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24. P. 65-75.
4. Stylios C.D, Groumpos P.P. A Soft Computing Approach for Modelling the Supervisor of Manufacturing Systems // Intelligent and Robotic Systems. 1999. Vol. 26. P. 389-403.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ

Гожий О.П., Калініна І.О.

Чорноморський національний університет ім. П.Могили, Україна, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.  
E-mail: alex\_daos@mail.ru, kio1612@mail.ru

Планування це вид діяльності, пов'язаний з постановкою та визначенням цілей, завдань і дій у майбутньому. Планування передбачає виконання наступних етапів: визначення головних цілей і задач, визначення певної програми дій, визначення необхідних ресурсів. Автоматичний пошук плану прийнято відносити до завдань з області штучного інтелекту [5]. Тому сам процес пошуку плану обчислювальними засобами називають інтелектуальним плануванням (*AI planning*). Ця проблема досліджується вже досить давно. Головні роботи у цьому напрямку з'явилися в 60-х роках 20 сторіччя; з тієї пори з'явилося багато підходів до розв'язання цієї задачі в рамках загального підходу. Задача даного огляду визначити і проаналізувати головні типи інтелектуального планування і програмні засоби, які дозволяють моделювати і вирішувати завдання планування. Більшість робіт з інтелектуального планування в області штучного інтелекту [2,3,4,5] можна віднести до однієї з наступних груп: «класичне» планування; ієрархічне планування в мережі задач (*HTN*-планування); аналітичне планування; планування в умовах часових обмежень; планування на основі прецедентів.

Класичне планування [1,2,5] (цілеспрямоване планування) здійснюється планування в середовищі  $(V,R,A)$ , де  $V$  – множина об'єктів;  $R$  – множина відношень на  $V$ ;  $A$  – множина дій. Задача визначається парою  $(M(S_o), M(S_g))$ , де  $M(S_o), M(S_g)$  – відповідно, моделі *вихідної* і *цільової ситуації*. Ситуації зазвичай визначаються за допомогою пар  $(V_i,R_i)$  і представляються множинами стверджуючих і заперечних літералів обчислення предикатів. Розв'язанням даної задачі буде така ситуаційна множина коли буде досягнутий цільовий стан  $S_G$ .

Ієрархічне *мережеве* планування (*HTN*) полягає у тому, що задачі високого рівня зводяться до примітивних задач. Ієрархічне мережеве планування (*HTN*) являє собою ієрархічну техніку планування, де дії діляться на різні рівні, або ієрархії. Існують різні типи дій, існуючі для цих ієрархій, однією з яких є високий рівень дії (*High Level Actions (HLA)*) [2,3]. Цими високорівневими діями можуть бути будь які дії, які можна розділити на дрібніші дії, так звані «уточнення». Всі ці уточнення можуть створювати послідовності дій або навіть інші *HLA*. Уточнення у свою чергу розбиті на реалізацію (так звані примітивні дії), які відносяться до будь-якої дії, яка не має подальших уточнень або реалізації. Основною перевагою планування *HTN* є здатність розмірковувати на більш високому рівні абстракції в порівнянні з класичним плануванням. У стандартному процесі *HTN* планування є можливість створення плану з використанням *HLA*, тільки без урахування реалізації плану заздалегідь, який дуже ефективний при розгляді обчислювальних аспектів. Це дозволяє за допомогою *HTN* планування обробляти великі обсяги інформації швидше, ніж за класичними методами пошуку. Крім того, ієрархічні плани, як правило, легкі для розуміння людей, за рахунок високого рівня абстракції. *HTN* планування може поєднуватися з плануванням або обробкою ресурсів для того, щоб придумати плани, які не тільки працюють, але є найбільш економічно ефективними для можливих конкретних задач. Загальним основним недоліком планування *HTN* є те, що метод вимагає детермінованого середовища планування і не можна працювати з невизначеними наслідками дій. Крім того, важко обчислювати точні множини досяжності цілей, що призводить до розсіювання множин факторів, які впливають на процес планування.

**Аналітичне планування.** Аналітичне планування включає в себе методи екстраполяції, оскільки вони пов'язані з виявленням тенденцій, що діяли у попередній період, факторів, що визначали розвиток цих тенденцій, і припущення стосовно того, що ці тенденції і фактори будуть діяти і в запланований період [189]. Оскільки центральним моментом аналітичного планування є аналіз змісту та підсумків попереднього періоду, іноді його називають також плануванням «від досягнутого рівня». Залежно від конкретних технологій аналітичного планування визначається дві основні групи: інтуїтивні та формалізовані методи. Формалізовані методика спираються на використання інструктивних документів, математичного прогнозування та моделювання (експоненціального і адаптивного згладжування, найменших квадратів і т. ін. За своїм змістом аналітичне планування фактично збігається з методами прогнозування. Відмінність полягає тільки у ступені директивності прийнятих рішень за підсумками розробки. Можливості аналітичного планування обмежені. По-перше, його результати вирішальним чином залежать від глибини і достовірності проведеного аналізу, що, в свою чергу, визначається адекватністю використовуваної методика цілям планування і найголовніше – повнотою і достовірністю використовуваної інформації. По-друге, його головним недоліком є його головна особливість – опора виключно на попередній досвід.

**Планування на основі часових обмежень** [4,5]. Процес планування на основі часових обмежень має наступні особливості:



- головні об’єкти планування час і ресурси;
- задачі планування завжди включають оптимізаційні підзадачі;
- ці задачі планування включають невелику фіксовану множину операцій вибору дій і вимагають значних зусиль для їх впорядкування.

Найбільш відомий підхід для розв’язання задач полягає у їх представленні у вигляді задач врахування обмежень із застосуванням загальних методів їх розв’язання. Формально задачі врахування обмежень описуються множиною рішень і множиною обмежень на комбінації рішень. Рішення можуть бути пруде представлені в термінах змінних, кожній з яких може бути присвоєне значення з області її визначення. Обмеження описуються в термінах відношень, що встановлюють які з комбінацій значень змінних є істинними. Майже для будь-якої задачі планування з часовими обмеженнями результуючий пошуковий простір є значно меншим, ніж при першому підході. Представлення на основі упорядкування задач також не залежить від часової дискретизації. При цьому представленні, впорядкування задач виконується до тих пір, поки система може гарантувати, що ресурси не вичерпані. Однак, коли ресурсні величини стають складнішими, їх верифікація стає також складнішою.

**Планування на основі прецедентів (case-based planning, CBP)** — це повторне використання знань про попередні епізоди планування для вирішення нових задач. В застосуванні такого підходу існує багато позитивних моментів. По-перше, використання попереднього досвіду може підвищити ефективність планувальника. Крім того, можливість запам’ятовування невдалих рішень нарівні з успішними дозволяє уникнути потенційних проблем в майбутньому. По-друге, використання прецедентної інформації може забезпечити більш високу якість рішень в силу того, що прецедент описує те, що дійсно колись мало місце, а не просто якесь гіпотетично можливе рішення. По-третє, коли будова предметної області недостатньо зрозуміла або її опис неповний, використання звичайних методів планування стає неможливим. Однак СВР дозволяє вирішувати деякі задачі і в такій ситуації. В плануванні прецедент типово включає в себе: постановку задачі (початковий стан і мету); опис способу вирішення завдання (шлях виводу) або опис самого рішення (план); а також, можливо, опис проблем, з якими планувальник або виконавець плану може зіткнутися при використанні цього прецеденту.

Постановка завдання може бути виражена різними способами: від множини фактів і множини атомарних підцілей, до складної реляційної структури (relational representation), що спирається, можливо, на модель предметної області. Рішення задачі може зберігатися у вигляді плану або способу побудови цього плану – послідовності прийнятих в процесі планування рішень, таких як вибір дії, вибір значення змінної і так далі. У бібліотеці прецеденти можуть зберігатися або як конкретні приклади, або в узагальненому вигляді. Узагальнення може стосуватися як опису завдання, так і опису рішення (представленого у вигляді плану). Зберігання конкретних прикладів привабливе тим, що ніяка інформація не втрачається. Але при цьому бібліотека стає громіздкою і сповільнюється пошук відповідного прецеденту. З іншого боку, узагальнення хоч і економить пам’ять, але при цьому відбувається втрата інформації і ускладнюється збереження нових рішень. Крім того, прецеденти можуть зберігатися або як окремі одиниці досвіду, або розділятися на частини всередині бібліотеки. У першому випадку, кожен епізод планування призводить до появи окремого цілісного опису для цього епізоду. У другому – зберігаються рішення підзадач вихідної задачі. У результаті в бібліотеку потрапляє відразу множна рішень для різних завдань, що дає їм більший шанс на повторне використання. Рішення вихідної задачі цілком може і не зберігатися або зберігатися, але з поданням плану у вигляді множини посилань на отримані рішення підзадач.

Таблиця 1

№	Тип завдань планування	Назва типу методу	Інформаційні систем, що реалізують метод
1	Цілеспрямоване планування.	STRIPS	Strips, Warplan, Interplan.
2	Нелінійне планування.	NOAH	Noah, Nonlin, Tweak, Uspor
3	Плануючий граф. Частково-упорядкуюче планування.	GRAPHPLAN	Ipp, Graphplan
4	Ієрархічне планування задоволення обмежень.	O – PLAN	O–Plan, Planers-1, Optimum.Aiv
5	Планування на основі часових обмежень.	DEVISER	Deviser, Ixtet, Deskarte
6	Планування на основі часових обмежень.	ZENO	Zeno

**Планування розвитку ситуацій.** Це тип планування, який заснований на ситуаційному моделюванні, досліджує шляхи досягнення бажаних послідовностей ситуацій у процесі досягнення поставлених цілей. Формування базових параметрів ситуаційної моделі здійснюється на основі логіки

предикатів першого порядку. Всі поняття ситуаційної моделі визначаються на основі термів, атомів, функцій і формул логіки предикатів. Для вирішення конкретної задачі планування розробляється ситуаційне числення. Ситуаційне числення розглядається як логічна мова, яка декларує ключові поняття предметної області. Розвитку підходу заважає наявність великої кількості невизначеностей при дослідженні розвитку ситуацій і неможливість їх врахування в ситуаційному численні, а також те, що для конкретної задачі необхідно розробляти окреме ситуаційне числення.

Кожен з типів планування підтримується інформаційними системами, які розроблені для реалізації методів і алгоритмів певної технології планування. В табл.1 представлені головні типи планування та інформаційні системи, які підтримують певний тип планування .

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Галаган М.І. Стратегії планування рішень- Методичний посібник з курсу "Основи проектування баз знань" / М.І. Галаган . - Київ, 1999.-95 с.
2. Ghallab M. Automated Planning – Theory and Practice, chapter 7. Elsevier / M.Ghallab, B.Nau, P.Traverso // Morgan Kaufmann. – 2004.
3. LaValle S.M. Planning Algorithms / Steewen M.LaValle.– 6t ed. Springer-Verlag. 2011. - p.305
4. McAllester D. Systematic Nonlinear Planning / D. McAllester, D. Rosenblitt // In Proc. 9<sup>th</sup> National Conf. on AI. – 1991. – PP. 634-639.
5. Nilsson N. J. Artificial Intelligence: A New Synthesis / N. J. Nilsson. – Morgan Kaufmann, San Francisco, CA . – 1998.
6. Penberthy J. Temporal planning with continuous change / J.Penberthy, D.Weld // In Proc. 12th National Conf. on AI. –1994. – PP.1010-1015.

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНИХ ОПИСІВ ЗОБРАЖЕНЬ

**Гороховатський В.О., Столяров В.С.**

*Харківський навчально-науковий інститут  
Державного ВНЗ «Університет банківської справи»,  
61058, Харків, пр-кт Перемоги, 55,  
gorohovatsky.vl@gmail.com  
Харківський національний університет радіоелектроніки,  
61166, Харків, пр-кт Науки, 14,  
vitalii.stoliarov@nure.ua*

У задачах розпізнавання зображень в системах комп'ютерного зору важливими показниками є якість і час розпізнавання. Бази зображень можуть бути досить об'ємними, тому традиційне порівняння всієї множини характерних ознак зображення з еталонними описами є занадто ресурсомістким. Щоб цього уникнути, можна попередньо обробити дескриптори з бази описів і представити їх множини із застосуванням кластерної моделі [1,4].

Сучасні структурні методи аналізу візуальних образів засновані на описах об'єктів у вигляді множини векторів (дескрипторів). Отримання дескрипторів здійснюється серією детекторів [2,3], які забезпечують інваріантність до геометричних перетворень зсуву, повороту і масштабу. Найбільш відомі серед них – SURF та ORB. Метод SURF вважають більш стійким до масштабування [2]. Детектор ORB більш ніж в десять разів швидше обчислює дескриптори [3]. Проведений нами експеримент з використанням OpenCV і C++ показав, що для зображення розміром 450x300 детектор ORB визначив 456 точок приблизно за 0,006 сек, а SURF знайшов дескриптори 117 точок за 0,06 сек. Як правило, ORB знаходить більше число дескрипторів.

На основі отриманої множини дескрипторів для бази зображень проводиться кластеризація методом k-середніх на заздалегідь визначену кількість кластерів. Метод k-середніх є одним із найбільш універсальних для поділу множини багатовимірних векторів на кластери. При розпізнаванні кластерне розбиття в значній мірі збільшує швидкодію прийняття рішень і за рахунок цього пропорційно знижуються необхідні витрати обчислювальних ресурсів.

Розпізнавання по базі образів  $\{Z^j\}$  в кластерному поданні зводиться до аналізу і обробки інформації у вигляді матриці кластерного опису  $H^* = \{\{h_i^j\}_{j=1}^J\}_{i=1}^k$ , де  $j$  – номер еталону,  $k$  – число кластерів. Матриця ваг  $H^{**} = \{\{\alpha_i^j\}_{j=1}^J\}_{i=1}^k$  виходить шляхом нормування матриці  $H^*$  по рядках і стовпцях [4], що врівноважує вплив окремих кластерів і обсягу описів еталонів.

У матриці  $H^*$  компонент  $h_i^j$  визначає кількість ознак  $j$ -го образу, які входять до складу  $i$ -го кластера. Відповідно до першого розробленого метода кожен ознаку об'єкта відносять до найбільш підходящого кластеру по відстані до їх центрів, формуючи опис  $O = (h_1, h_2, \dots, h_k)^o$ . Далі обчислюється ступінь релевантності  $r_j = \beta(\alpha^i[O], \alpha^i[Z^j])$ , де  $\beta$  – метрика, яка визначає відстань між векторами. У результаті опис  $O$  відносять до найбільш близького класу за мінімумом векторної відстані  $d = \arg \min_j r_j$ .

Застосовуючи другий розроблений метод на основі матриці  $H^{**}$ , використовуємо обчислені апріорно вектори ваг  $\alpha^i$  для еталонів бази. Віднесення ознаки об'єкта до одного з кластерів супроводжується збільшенням суми  $\Sigma_d = \sum_i \alpha_d^i$  ваг  $\alpha^i$  відповідного кластеру. Об'єкт відносимо до класу  $d$  за правилом максимальної підсумкової ваги  $d = \arg \max_j \Sigma_j$ .

Дослідження запропонованих методів показало, що класифікація на основі кластерного подання для множини структурних ознак суттєво скорочує необхідний обсяг обчислювальних витрат. При розпізнаванні з використанням кластерної моделі проводиться тільки порівняння вектора з множиною еталонних векторів. При прямому порівнянні ознак потрібно попарне зіставлення їх множин, що може в сотні разів перевищувати час обчислень в порівнянні з кластерною моделлю. Наприклад, для розпізнавання зображень по базі з 4 еталонів і близько 100 ознак в кожному треба було 4 секунди для розбиття ознак на кластери і лише 0,2 мілісекунди на розпізнавання. Пряме порівняння ознак-векторів, що складаються з 64 елементів, займає 0,3 секунди. Істотний вплив на результативність розпізнавання надає правильно вибрана кількість кластерів, яка для проведених експериментів вибиралася в діапазоні 5...10.

Особливий інтерес представляє випадок, коли число кластерів дорівнює числу еталонів. У такому варіанті усувається проміжне перетворення опису до кластерного подання, і розпізнавання ще більше спрощується.

Вивчено властивості і особливості реалізації методів розпізнавання на прикладі експериментальної бази морських ссавців (ілюстрації на рис. 1) при поданні їх структурних описів в межах 10 кластерів. У таблиці 1, 2 представлені результати розпізнавання еталонів для бази з 4 зображень для першого і другого методів. Найбільш схожими є 1 і 4 зображення.

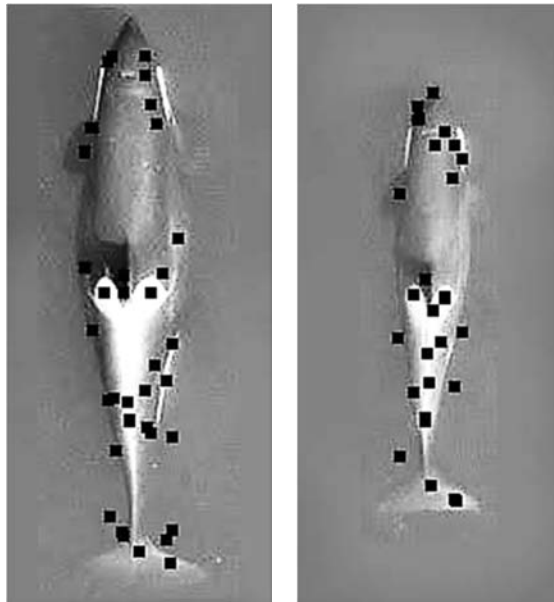


Рис. 1 Зображення з бази морських тварин і координати ознак SURF

Таблиця 1  
Матриця відстаней класів

Еталони	1	2	3	4
1	0	58	42	21
2	58	0	58	51
3	42	58	0	47
4	21	51	47	0

Таблиця 2  
Матриця подібності

Еталони	1	2	3	4
1	13.21	7.89	9.02	8.88
2	13.96	23.99	13.62	17.42
3	12.72	10.86	20.74	10.68
4	6.38	7.07	5.44	9.11

При дослідженні перешкодостійкості методів розроблені відповідні програмні засоби, визначалася кількість правильних рішень після застосування до дескрипторів адитивного гаусівського шуму. Компоненти вектора перешкоди формувалися у вигляді нормально розподіленої випадкової величини з нульовим математичним очікуванням і заданим значенням середньоквадратичного відхилення  $\sigma$ . При  $\sigma = 0,1$  для 10-ти кластерів перший метод забезпечує безпомилкове розпізнавання в межах досліджуваної бази, в той час як для другого методу ймовірність правильного розпізнавання склала  $P = 0,92$ . Зниження конкретно пов'язане, в основному, з високим ступенем подібності зображень 1 і 4 (рис. 1). При  $\sigma = 0,2$  ймовірності склали 0,91 і 0,9, а при  $\sigma = 0,3$  – 0,76 і 0,78

Одним з факторів, що впливають на результат розпізнавання, є відмінність в кількості ознак еталонів. У досліджуваних еталонах вихідне число ознак було таким: 74, 177, 155, 54. При розпізнаванні з перешкодами другий метод слабо розрізняє перший і другий еталони, тому для поліпшення результативності випадково були відібрані ознаки так, щоб отримати приблизно рівноцінне число точок. За рахунок цього результат розпізнавання покращився.

Розбиття наявної базової множини структурних ознак на класи еквівалентних елементів дає можливість глибше вивчити структуру простору ознак в плані її подання окремими зразками і головне – в аспекті розрізнення еталонів бази між собою, а також оцінити рівень якості розпізнавання поданих у такому просторі множин ознак еталонних об'єктів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гороховатский В.А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении / В.А. Гороховатский. – Х.: Компания СМІТ, 2014. – 316 с.
2. Bay H. Surf: Speeded up robust features / H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool // Computer Vision: Ninth European Conference on Computer Vision, Graz, 7-13 May, 2006: proceedings. – Berlin: Springer, 2006. – P.404 – 417.
3. Rublee E. ORB: an efficient alternative to SIFT or SURF / E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, G. Bradski. – IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), November 06 - 13, 2011, pp. 2564-2571.
4. Гороховатский В.А. Классификация изображений на основе кластерного представления структурных описаний / В.А. Гороховатский, В.С. Столяров // Бионика интеллекта. – 2016. – №2 (87). – С.83–87.

### ДІАГНОСТИЧНА МЕДИЧНА СИСТЕМА З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ СКЛАДОВОЮ НА ОСНОВІ БАЙЄСОВИХ МЕРЕЖ ТОЧНОГО ВИСНОВКУ

Гоц О. П., Селін Ю. М.

*НТУУ “Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”,  
Факультет Інформатики і обчислювальної техніки,  
вул. Політехнічна 41, корпус 18, Київ, 03056,  
alex5g@mail.ru*

Розробка діагностичного медичного забезпечення є актуальною сьогодні, адже сучасне життя стає небезпечним через появу нових вірусів та хвороб, через недбалість лікарів та неправильні діагнози. Тому розробка інтелектуальної медичної системи конче необхідна.

У роботі запропоновано підходи до створення інтелектуальної інформаційної системи діагнозу хвороб на основі Байєсових мереж (БМ) з побудовою точного ймовірнісного висновку.

Система відрізняється тим, що дозволяє швидко адаптувати методи діагностики до появи нових показників, переналаштувати систему після нових симптомів і хвороб.

Розроблено методику дослідження статистичних показників, що характеризують реальний медичний стан пацієнтів за допомогою точного ймовірнісного висновку в БМ.

БМ ефективні в інформаційних системах обробки кількісних даних, представлених часовими рядами і часовими перерізами, а також якісними даними, представленими експертними оцінками, лінгвістичними змінними, інтервальними значеннями і т. д.

Використовуються БМ зазвичай в системах класифікації даних різної природи, системах прогнозування, системах автоматичного розпізнавання мовних сигналів, маркетингу і бізнесі.

БМ можна представити у вигляді направленої ациклічної графу, вершинами якого є набір таблиць умовних ймовірностей (ТУЙ).

Змінні, що використовуються в БМ, можуть бути як дискретними, так і неперервними, а характер їх надходження при аналізі та прийнятті рішення може бути і в режимі реального часу, і у вигляді статистичних масивів інформації та баз даних.

Завдяки представленню взаємодії між факторами процесу у вигляді причинно-наслідкових зв'язків в мережі досягаються максимально високий рівень візуалізації та, як наслідок, чітке розуміння суті взаємодії факторів процесу між собою. Саме це відрізняє БМ від інших методів інтелектуального аналізу даних (ІАД) [1].

Формула Байєса дозволяє «переставити причину і наслідок»: за відомим фактом події обчислити вірогідність того, що вона була викликана даною причиною.

Нехай подія  $A$  може відбутись тільки разом з однією із попарно несумісних подій  $H_1, H_2, \dots, H_n$ , які називаються гіпотезами і утворюють групу (1.1):

$$\sum_{i=1}^n P(H_i) = 1. \quad (1.1)$$

Тоді, якщо відбулась подія  $A$ , то це означає, що відбулась одна із попарно несумісних подій  $AH_1, AH_2, \dots, AH_n$ . Це означає:  $A = H_1 * A + H_2 * A + \dots + H_n * A$ .

Провівши ряд маніпуляцій, отримаємо ймовірність настання події  $A$ , з врахуванням гіпотез  $H_i$ :

$$P_{H_i}(A) = \frac{P(H_i)}{P(A)} \quad (1.2)$$

Формула (1.2) називається *формулою Байєса* [2].

Взагалі, метою ймовірнісного висновку є знаходження  $P(X|E)$  - апостеріорної ймовірності шуканих вершин  $X$ , при деякому значенні спостережуваних вершин  $E$ .

За розміром вирішуваних задач можна виділити два класи ймовірнісного висновку: точний та апроксимаційний.

Коли задача структурована та важлива точність ймовірнісного висновку, алгоритми точного ймовірнісного висновку будуть доцільними. Важливим етапом при використанні алгоритмів точного висновку є правильна побудова моделі, при великій кількості вузлів, таку модель потрібно сегментувати чи розбити на кілька підмоделей, які працюватимуть незалежно одна від одної. Лише за таких умов задача вирішуватиметься ефективно, інакше використовують апроксимаційні алгоритми.

Основоположний алгоритм побудови точного ймовірнісного висновку в БМ – алгоритм передачі повідомлення між вузлами мережі (алгоритм Перла). З часом з'явилися алгоритми, побудовані на основі ідеї алгоритму Перла, які є більш ефективними і можуть бути використаними для обчислення точного ймовірнісного висновку у значно складніших системах.

Ключовою особливістю є те, що мережа повинна бути однозв'язною, тобто представлятися у вигляді ациклічного направленного графу, у якому між двома будь-якими вершинами існує лише один шлях. Однозв'язні мережі також називають полідерами.

З часом було запропоновано алгоритм кластеризації (LS – алгоритм, від винахідників Lauritzen та Spiegelhalter). Алгоритм оперує об'єднаними деревами, кожна вершина якого містить деякий набір змінних і ТУЙ, це дозволяє використовувати ідею обміну повідомленнями ймовірнісного висновку на основі ідеї Перла.

Алгоритм побудови об'єданого дерева представлений наведеною блок-схемою.

Об'єдане дерево формується з доменного графа МБ - так називається граф, вершинами якого є вузли БМ, а ребрами з'єднуються ті вершини, які в мережі були залежні один від одного, тобто ймовірності наслідків однієї вершинами залежать від результатів інших(ої) вершин (и).

На етапах моралізації і триангуляції в доменний граф додаються додаткові ребра, необхідні для подальшого перетворення в деревовидний граф.

Після цього будується «заготовка» для об'єданого дерева – дерево, що представляє собою деревовидний граф, вузлами якого є об'єднання вершин доменного графа. Далі в дерево об'єднань включаються таблиці умовних ймовірностей з розглянутої БМ - цим завершається процес побудови об'єданого дерева.

Для обміну повідомленнями в алгоритмі кластеризації зазвичай використовується архітектура Hugin.

У архітектурі Hugin маємо об'єдане дерево і відповідні таблиці для кожної кліки (така підмножина вершин, що кожні дві вершини з



цієї підмножини поєднанні ребром). Сепаратор кожного ребра дерева буде також містити відповідні таблиці.

Процес пропагації (передача повідомлень) відбувається в два етапи – сходження догори та донизу. В архітектурі Nugin на етапі сходження догори відправник не ділить свою таблицю на повідомлення, а замість цього записує його в сепаратор. Це економить підрахунки, але й потребує більшого об'єму пам'яті. На етапі сходження донизу сепаратор ділить нове повідомлення на те, яке він раніше зберігав і саме на це відношення множить свою таблицю отримувач повідомлення. Економія обчислень відбувається завдяки діленню таблиць сепараторів, що мають менший розмір, ніж таблиці клік.

Отже, можемо сказати, що алгоритм кластеризації для побудови точного ймовірнісного висновку в БМ гарантує точність обчислень, нехтуючи обчислювальною складністю. Він є одним із найефективніших в своєму класі.

В свою чергу апроксимаційні алгоритми більш прості в обрахунках, проте результат має певну похибку, в залежності від типу алгоритму. Існують такі апроксимаційні алгоритми, які взагалі не гарантують точність, що заперечує їхньому використанню у медичній галузі.

Використовуючи власне програмне забезпечення і бібліотеку Jayes [3], було проведено ряд експериментів для порівняння обчислювальної складності алгоритму кластеризації для побудови точного ймовірнісного висновку в БМ і алгоритму стохастичної вибірки для апроксимаційного.

Побудувавши деяку модель БМ, для кожного алгоритму було проведено по 10 випробовувань, при різній кількості вершин графу БМ для знаходження часу навчання системи. На рис. 1. приведені результати експерименту.

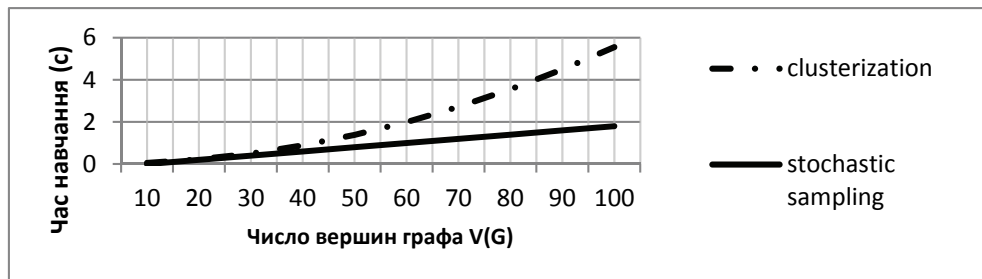


Рис. 1. Графік залежності к-сті вершин графу від часу навчання системи в БМ

Як видно з графіку, алгоритм кластеризації має більшу обчислювальну складність, про що свідчить експоненціальне зростання часу при навчанні, після збільшення кількості вершин графу БМ. В свою чергу, складність апроксимаційного алгоритму має лінійну залежність від кількості вершин графу.

Проте, при кількості вершин до 30, час навчання для обох алгоритмів майже однаковий.

Для моделювання структури медичної інтелектуальної системи БМ можна розбити на підмережі, графи якої матимуть біля відносно невелику кількість вершин. Відповідно до МКХ-10 (міжнародний класифікатор хвороб), можна виділити такі класи, для кожного з яких в подальшому побудувати БМ:

- Деякі інфекційні та паразитарні хвороби;
- Новоутворення;
- Хвороби крові і кровотворних органів та окремі порушення з залученням імунного механізму;
- Хвороби ендокринної системи, розладу харчування та порушення обміну речовин;
- Розлади психіки та поведінки;
- Хвороби нервової системи;
- Хвороби ока та придаткового апарату;
- Хвороби вуха та соскоподібного відростка
- ... і т. д. [4].

Таке розбиття допоможе зберегти відносно невелику обчислювальну складність для точного алгоритму кластеризації, яка не сильно відрізнятиметься від апроксимаційних алгоритмів, при цьому зберігатиметься вигравш у точності обчислень.

Отже, можна зробити висновки, що БМ чудово підходять для аналізу процесів різної природи, та мають ряд переваг серед інших інтелектуальних методів аналізу даних та прогнозування. Рациональне використання БМ, їх швидка і надійна робота в першу чергу залежать від моделі та алгоритму побудови висновку в мережі.

У даній роботі був описаний і проаналізований алгоритм кластеризації, який належить до класу точних алгоритмів. Цей алгоритм поєднує в собі три переваги: точність результатів, відносно малий час роботи і універсальність.

Експериментальним шляхом проаналізована різниця в обчислювальній складності алгоритму кластеризації з апроксимаційним алгоритмом. З чого зроблені висновки, що БМ для всієї медичної системи потрібно розбити на незалежні БМ, що дозволить зберегти точність та покращити ефективність обчислень.

Сьогодні медична статистика представлена достатньо повно і з необхідним рівнем достовірності, що дозволить побудувати якісну модель системи та використовувати в ній алгоритм кластеризації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бідюк П. І. Інтелектуальний аналіз слабоструктурованих даних за допомогою байєсових мереж: звіт по результатам виконання робіт за грантом грант НТУУ „КПІ” № 3/5-ГР, 2006-2007р. / П. І. Бідюк, О. М. Терентьєв, Л. О. Коршевнюк. – 2007. – 85 с.
2. Тичинська Л.М. Формула повної ймовірності. Формула Байєса // Теорія ймовірностей. - 2010. – 112 с.
3. Michael Kutschke. An Introduction to Bayesian Networks with Jayes [Електронний ресурс]. – 2013. Режим доступу: <http://www.codetrails.com/blog/introduction-bayesian-networks-jayes/> (останній візит: 30.03.17).
4. МКХ-10 [Електронний ресурс]. – 2016. Режим доступу: <https://mkh10.com.ua/> (останній візит: 29.03.17).

### ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ НА ВІЗУАЛЬНОМУ ПОЛІ УВАГИ ЗА ГРАНИЧНИМ ПРИНЦИПОМ.

Грицик В.В.<sup>1,2</sup>, Зелений В.В.<sup>1</sup>

1) ТНТУ ім. І. Пулюя. вул. Руська, 5б, м. Тернопіль, Україна, 46001

2) Національний університет «Львівська політехніка»  
volodymyrhrytsyk@gmail.com

#### Вступ

Сьогодні в світі існують стійкі тенденції до спроб замінити людину у всіх процесах діяльності де це можливо. Комп'ютерна техніка настільки міцно вкоренилась в нашому суспільстві, що на сьогодні вже не можна уявити собі жодного виду діяльності не пов'язаного, так чи інакше, з комп'ютером [3].

Узагальнюючи огляд досліджень та впроваджень інтелектуальних ІТ в ЄС та США: ЄС через програму FP7 профінансував розробки складних технік для розуміння аудіовізуальних відображень впродовж життя для типових і нетипових популяцій [3]. Традиційно комп'ютерні архітектури базуються на архітектурі фон Неймана, але зараз все актуальнішими стають структури, що масштабовано відтворюють роботу людського мозку. Зокрема на цю тематику через програму FP7 виділено 1.9 млрд. євро на 1200 проєктів із 1200 учасниками. Вважається, що роботизовані системи вводу, що інтегровані в тулуб з руками і ногами є найближчим майбутнім комп'ютерного зору. А це потребуватиме розробки моделей і методів синтезу методів сприйняття даних візуального спектру, що отримані в режимі реального часу [2,4]. Отже, актуальною проблемою розробки штучного інтелекту є розробка принципів сприйняття комп'ютером зовнішнього світу через розуміння відео даних [1,5].

#### Мета роботи

Метою роботи є дослідження механізму об'єктивної оцінки якості різних методів сегментації об'єктів на візуальному полі уваги різними методами.

#### Розв'язок задачі

Розглянемо/порівняємо/дослідимо кілька найбільш поширених підходів до сегментації візуального поля уваги, що забезпечують реальний час.

Бінаризація з порогом (інверсія) / глобальний поріг.

Бінаризація з нижнім порогом є найбільш поширеним методом, який можна описати наступним чином:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{if } \frac{r + g + b}{3} \leq \text{const}(L) \\ 1, & \text{if } \frac{r + g + b}{3} > \text{const}(L) \end{cases}$$

де  $a_{ij}$  - нове значення пікселя;  $L$  – глобальний рівень освітлення;  $r, g, b$  – оригінальні значення пікселя  $a_{ij}$ .

Візуалізацію див. див. мал. 1.b

Метод Ніблака (локальний поріг)

Ідея даного метода полягає у вирівнюванні порогу яскравості бінарizaції від точки до точки на основі локального значення стандартного відхилення.

$$B(x, y) = \mu(x, y) + k * s(x, y)$$

де  $B(x, y) \in [0, 255]$  – поріг яскравості бінарizaції;  $\mu(x, y) \in [0, 255] = B(\text{околу}) = \frac{\sum_0^{255} a_{xy}}{15}$  середнє відхилення вибірки для околу точки;

$$s(x, y) \in [0, 255] = \sqrt{\frac{1}{c} \sum_1^c (x_i)^2}$$
 середньоквадратичне відхилення вибірки для околу точки.

$k = \text{const} = -0,2$  для об'єктів, що представлені чорним кольором і  $k = +0,2$  для об'єктів, що представлені білим кольором.

$c = \text{const} = 225 = 15 * 15$  – розмір маски околу;  $a_{xy}$  – значення пікселя в околі точки маски пошуку локального порогу. Візуалізацію див. мал. 1.c

Метод Бернсена (локальний поріг)

Метод полягає в знаходженні порогу на основі значень локального максимуму і мінімуму яскравості пікселя.

$$B(\text{Avg}_l) = \frac{\text{Min}(l) + \text{Max}(l)}{2}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{if } \text{Avg} \leq \text{const}(l) \\ 1, & \text{if } \text{Avg} > \text{const}(l) \end{cases}$$

де  $\text{Avg} \in [0, 255]$  – середнє значення яскравості;  $\text{Min}_l$  і  $\text{Max}_l$  – мінімальне та максимальне значення в масці відповідно;  $a_{ij}$  – нове значення пікселя;

$l \in [0, 255]$  – локальний рівень освітлення, мінімальне і максимальне значення змінюються в залежності від яскравостей, що попадають в окіл; Візуалізацію див. мал. 1.d

Метод Сна

Метод знаходження порогового значення на основі ентропії.

$$I_t(x, y) = \begin{cases} \mu(1, t), & I(x, y) < t \\ \mu(t, L + 1), & I(x, y) \geq t \end{cases}$$

$$\mu(a, b) = \frac{\sum_{i=a}^{b-1} ih(i)}{\sum_{i=a}^{b-1} h(i)}$$

$$D(t) = \sum_{i=1}^{t-1} ih(i) \log\left(\frac{i}{\mu(1, t)}\right) + \sum_{i=t}^L ih(i) \log\left(\frac{i}{\mu(t, L + 1)}\right)$$

$$t^* = \text{argmin}_t \{D(t)\}$$

де  $t^*$  – оптимальний поріг бінарizaції, при якому  $D(t)$  набуває найменшого значення;  $D(t)$  –  $I(x, y)$ -яскравість оригінального пікселя;  $h(i)$  – значення елемента гистограми;  $L$  – кількість елементів гистограми; Візуалізацію див. мал. 1.e

Метод мінімального

Метод встановлення порогу на основі мінімуму між двома максимумами. Максимуми це максимальні значення розподілу яскравості фонового зображення та самого об'єкта на гистограмі.

$$t = \min(h[b_{ij}])$$

де  $t$  – значення порогу;  $b_{ij}$  – яскравість пікселя;  $h[b_{ij}]$  – значення розподілу яскравості в гистограмі;  $\min(h[b_{ij}])$  – мінімальне значення яскравості в розподілі гистограм між двома максимумами; Візуалізацію див. мал. 1.f

Метод середнього

Суть методу в пошуку середнього значення на основі гистограми зображення.

$$t = \frac{\sum_{i=1}^n h[b_{ij}]}{n}$$

де,  $t$  – значення порогу;  $n$  – кількість елементів гистограми;  $h[b_{ij}]$  – значення розподілу яскравості в гистограмі; Візуалізацію див. мал. 1.g

Метод трикутника

На гистограмі проводиться лінія від найменшого значення яскравості до найбільшого. Порогом визначається елемент відстань від якого до лінії є найбільшою.

$$t = \max(d)$$



де,  $t$  – значення порогу;  $d$  – відстань від значення гістограми  $h[b_{ij}]$  до лінії; Візуалізацію див. мал. 1.н

Метод Оцу

Метод використовує гістограму розподілу значень яскравості пікселів растрового зображення. Будується гістограма за значеннями  $p_i = \frac{n_i}{N}$

$$\omega_0(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad \omega_1(k) = \sum_{i=k+1}^L p_i = 1 - \omega_0(k)$$

$$\mu_0(k) = \sum_{i=0}^k \frac{ip_i}{\omega_0} \quad \mu_1(k) = \sum_{i=k+1}^L \frac{ip_i}{\omega_1}$$

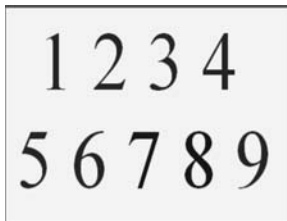
$$\eta(k) = \max_{k=1}^{L-1} \left( \frac{\sigma_{кл}^2(k)}{\sigma_{зар}^2} \right)$$

де  $N$  – загальна кількість пікселів;  $n_i$  – це кількість пікселів з рівнем зображення  $i$ ;  $k$  – ціле значення у проміжку  $0, L$ ;  $\omega_0 \omega_1$  – відносні частоти відповідних класів;  $\mu_0 \mu_1$  – середні рівні для кожного з класів зображення;  $\eta(k)$  – максимальне значення оцінки якості розділу зображення;  $\sigma_{кл}^2 = \omega_0 \omega_1 (\eta_1 - \eta_0)^2$  – міжкласова дисперсія;  $\sigma_{зар}^2$  – загальна дисперсія для усього зображення в цілому. Візуалізацію див. мал. 1.і

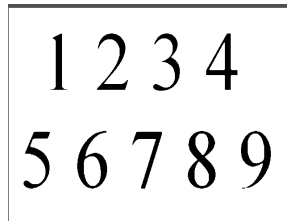
Кореляція реалізована методом MSE

$$MSE = \frac{1}{m * n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2$$

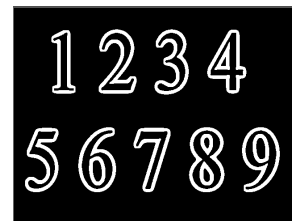
де  $I(i, j)$  – значення яскравості пікселя у точці  $(i, j)$ ;  $K$  і  $I$  зображення розміру  $m * n$  а також візуально можливо побачити на малюнку 1:



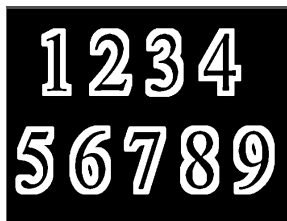
а) Оригінальне зображення



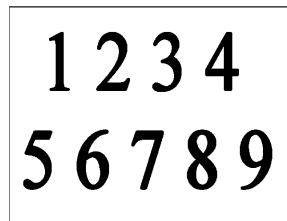
б) Метод бінаризації з порогом



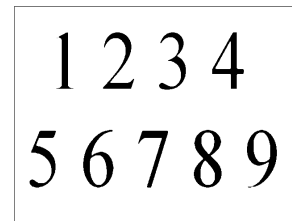
в) Метод Ніблака



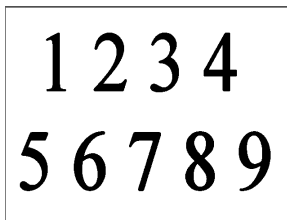
д) Метод Бернсена



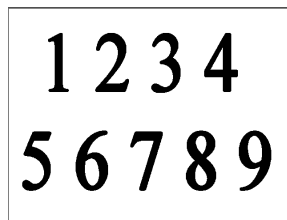
е) Метод Єна



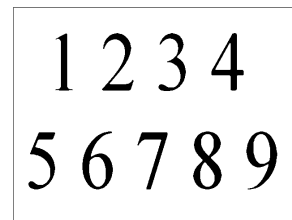
ф) Метод мінімального



г) Метод середнього



h) Метод трикутника



і) Метод Оцу

Малюнок 1. Візуального порівняння

#### Висновок

В результаті проведених експериментів отримана наступна таблиця

У таблиці відображена похибка щодо того самого образу, яка отримана від оцінки різних методів

Таблиця 1

## Порівняння результатів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Похибка
Бінаризація з порогом	9275	1032	2635	1916	1865	2128	1089	2799	2921	±248
Ніблак	13581	16124	16388	16856	14841	11073	15014	3724	11600	±412
Бернсена	2494	2357	4869	2790	4891	3002	3406	3714	3887	±211
Үен	7049	9618	10518	7915	9765	10141	7360	11302	10295	±352
Метод мінімального	7946	4351	2562	2791	1944	2248	4382	7216	3835	±339
Метод середнього	4261	5563	6783	4598	5999	6360	4272	7322	6450	±216
Метод трикутника	7005	8723	9541	7625	9726	9952	7281	10713	9461	±285
Отсу	7670	984	2421	1871	1831	1952	1052	2519	2675	±231

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Грицик В. В. Оцінка якості передавання і комп'ютерна обробка даних образів / Грицик В. В. // Доповіді НАН України. – 2008. – № 9 : Інформатика та кібернетика. – С. 43-48.
2. Audio-visual answer to modern computing. – research\*eu results supplement. - №26. – July/August 2010. – 31-32р.
3. Мічо Кайку. Фізика майбутнього / переклала з англ.. Анжела Кам'янець. – Львів: Літопис. – 2013. – 432.
4. Software: running commentary for smarter surveillance? .- Reasearch\*eu results supplement. – №24. – May 2010. – P.29
5. V. Hrytsyk, A. Grondzal, A. Bilenyk, Augmented reality for people with disabilities // Proceedings of the International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT'2015.

### ЕФЕКТИВНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЗНАХОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У ТЕКСТОВИХ ФАЙЛАХ

Грушко Я.В.<sup>1,а</sup>, Данилов В.Я.<sup>1,б</sup>

<sup>1</sup>Навчально-науковий комплекс «ІПСА» НТТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», кафедра ММСА

<sup>а</sup>grushko.kpi@gmail.com, <sup>б</sup>danilov1950@ukr.net

За даними International Data Corporation (IDC.com) місткість ринку текстової аналітики в 2016 році склала 2,65 млрд. доларів і очікується, що до 2020 року ця сума зросте до 5,9 млрд. доларів. Вказується, що при цьому аналізується менше 1% текстів, а зростання ринку відбувається в основному за рахунок аналізу даних соціальних мереж. Такий невеликий відсоток аналізованої текстової інформації пов'язаний насамперед зі збільшенням складності програмних пакетів обробки текстів на природних мовах, в основі яких лежить ряд базових алгоритмів знаходження в текстах ключових слів (Keyword Extraction). У більшості випадків ключовими називаються важливі слова чи фрази, які дають високорівневий опис змісту текстового документа, та дозволяють виявити його тематику. Виділений з тексту список ключових слів (КС) є метайнформацією, що представляє текстовий документ при інформаційному пошуку, класифікації, кластеризації, ануванні та реферуванні [1].

При розробці автоматизованих систем, які вирішують згадані завдання, необхідно спиратися на ефективні алгоритми, щодо яких є точна і перевірена інформація про межі їх застосування насамперед до української мови, яка має ряд особливостей по відношенню до англійської мови, для якої розроблялася основна маса доступних алгоритмів. Як правило, автори програмних пакетів стверджують про високі показники роботи своїх алгоритмів виділення КС, не наводячи даних про їх застосування на довільному наборі іншомовних текстів. Тому, в даній роботі систематизовані наявні відомості про проблеми в області вилучення ключових слів, розроблених методах і алгоритмах які їх реалізують, а також запропонований простий але ефективний статистичний алгоритм вилучення ключових слів в україномовному тексті.

Основними типами алгоритмів розпізнавання КС на сьогоднішній день можна вважати:

1) статистичний підхід, як наприклад, алгоритм KWIC (*Key Words In Context*) [2], або алгоритм *Matsuo* [3]. Нещодавні модифікації таких алгоритмів поєднують статистичний підхід з навчанням, де в якості корпусу використовуються ресурси Вікіпедії [4].

2) Граф-орієнтовані [5], такі як мовно незалежний граф-орієнтований алгоритм *Text Rank* запропонований в 2004 році на основі відомого алгоритму ранжирування веб-сторінок *Page Rank* [6], або алгоритм *Rake*, де спочатку формується список потенційних КС за допомогою заданого словника роздільників фраз, а потім будується граф, вершини якого - окремі слова [7].

3) Алгоритми з навчанням з учителем на основі гібридних структурно-статистичних методів. В роботі [8] описаний алгоритм *GenEx*, який поєднує генетичний алгоритм з екстрактором КС. Основними ознаками для вилучення КС обрані частоти слів і перші позиції їх входження в текст. В інших гібридних алгоритмах на основі навчання застосовуються байєсівська класифікація [9-11], метод умовних випадкових полів (CRF) [12] і метод опорних векторів [13].

4) Порівняно недавно з'явилися алгоритми з самонавчанням. Це, перш за все, нейронні мережі [14] і карти Кохонена що самоорганізуються [15] з застосуванням методу морфологічного аналізу[25].

В результаті аналізу літератури, був зроблений висновок про те що на сьогоднішній день здебільшого має місце подальше вдосконалення класичних статистичних та структурних алгоритмів знаходження КС і використання гібридних рішень з навчанням на основі текстових корпусів.

В результаті систематизації даних різних дослідників [1-15,17-24] запропоновано перелік найбільш істотних властивостей і функцій КС с точки зору моделювання та алгоритмізації процесу їх знаходження:

- а) ключові слова є найбільш вживаними (частотними) найменуваннями;
- б) більше половини слів ядра тематичного компонента складається з ключових слів;
- с) набір КС складається з 5-15 слів, що відповідає об'єму оперативної пам'яті людини [8].
- д) КС представлені значущою лексикою, досить узагальнені за своєю семантикою, стилістично нейтральні, не оціночні.

На основі зазначеного переліку найбільш істотних властивостей КС розроблений статистичний алгоритм знаходження КС в стандартних текстових документах Windows і MS Office, орієнтований на лексику української мови [26]. Алгоритм використовує заданий україномовний словник роздільників фраз і містить можливість створення аналогічних словників для іншомовних текстів. Комбінаторика реалізована сторонньою бібліотекою [16]. Ефективність алгоритму оцінювалася на основі вибірки з десяти текстів за стандартними параметрами точності (*Precision*) і повноти (*Recall*) [17] і становить 71,5% і 52,3%, відповідно. Це цілком можна порівняти з показниками таких визнаних алгоритмів як *Wikify* (2007) 94,3% і 70,5% [6], або *DegExt* (2008) 75,0% і 15,0%, відповідно [18].

Відзначимо, що за зазначеними критеріями точність алгоритмів не може досягти 100% за двома принциповими причинами. По-перше, виділені вручну КС не завжди присутні в тексті, внаслідок чого виникає завдання не знаходження, а генерації КС. По-друге, результат залежить від кількості витягнутих КС, що в багатьох алгоритмах задається незалежно від розміру тексту. Звідси виникає необхідність в розробці нових об'єктивних і універсальних критеріїв оцінки якості роботи алгоритмів знаходження КС в тексті.

#### ЛІТЕРАТУРА:

- 1) Manning C.D. Foundations of statistical natural language processing. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- 2) Luhn H.P. The Automatic Creation of Literature Abstracts. IBM J. Res. Dev. 1958. pp. 159–165.
- Manning C.D. Foundations of statistical natural language processing. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- 3) Matsuo Y., Ishizuka M. Keyword Extraction From a Single Document Using Word Co-Occurrence Statistical Information. Int. J. Artif. Intell. Tools. 2004. Vol. 13. pp. 157–169.
- 4) Mihalcea R., Csomai A. Wikify Linking Documents to Encyclopedic Knowledge. Proceedings of the sixteenth ACM Conference on information and knowledge management. New York, NY, USA. 2007. pp. 233–242.
- 5) Ohsawa Y., Benson N.E., Yachida M. KeyGraph: automatic indexing by co-occurrence graph based on building construction metaphor. Proc. IEEE Int. Forum Res. Technol. Adv. Digit. Libr. -ADL'98. 1998. p. 12–28
- 6) Mihalcea R., Tarau P. TextRank: Bringing order into texts. Proc. EMNLP. 2004. Vol. 4. PP. 404–411.
- 7) Rose S., Engel D., Cramer N., Cowley W. Automatic Keyword Extraction from Individual Documents. Text Min. Appl. Theory. 2010. pp. 1–20.
- 8) Turney P.D. Learning Algorithms for Keyphrase Extraction. Inf. Retr. Boston. 2000. Vol. 2. Iss. 4. p. 303
- 9) Witten I.H., Paynter G.W., Frank E., Gutwin C., Craig G. Nevill-Manning. KEA: Practical Automatic Keyphrase Extraction. Proc. 4th ACM Conf. Digit. Libr. 1999. pp. 254–255.
- 10) Hulth A. Improved Automatic Keyword Extraction Given More Linguistic Knowledge. EMNLP'03 Proc. 2003 Conf. Empir. Methods Nat. Lang. Process. 2003. № 2000. pp. 216–223.
- 11) Uzun Y. Keyword Extraction Using Naive Bayes URL: [http://www.cs.bilkent.edu.tr/~guvenir/courses/CS550/Workshop/Yasin\\_Uzun.pdf](http://www.cs.bilkent.edu.tr/~guvenir/courses/CS550/Workshop/Yasin_Uzun.pdf)
- 12) Jiang X., Hu Y., Li H. A Ranking Approach to Keyphrase Extraction. Proceedings of the 32nd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval. Boston, MA, USA. 2009. pp. 756–757.
- 13) Zhang C., Wang H., Liu Y., Wu D., Liao Y., Wang B. Automatic Keyword Extraction from Documents Using Conditional Random Fields. J. Comput. Inf. Syst. 2008. Vol. 4. pp. 1169–1180.

- 14) Sarkar K., Nasipuri M., Ghose S. A New Approach to Keyphrase Extraction Using Neural Networks. *Int. J. Comput. Sci. Issues*. 2010. Vol. 7. Iss. 2. pp. 16–25.
- 15) Арсирій Е.А. Построение контекстной карты на основе SOM для выделения ключевых слов веб документов образовательных интернет-ресурсов / Е.А. Арсирій, А.А. Чугунов, Ю.Н. Ларченко // Труды Одесского политехнического университета. - 2013. - № 1 (40). - С. 4954.
- 16) <https://www.codeproject.com/kb/recipes/combinatorics.aspx>
- 17) Salton G., Yang C. On the Specification of Term Values in Automatic Indexing. *Values Autom. Indexing. J. Doc.* 1973. Vol. 29. Iss. 4. pp. 351–375.
- 18) Litvak M., Last M., Kandel A. DegExt: A language independent keyphrase extractor. *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.* 2013. Vol. 4. pp. 377–387.
- 19) Matsuo Y. Extracting Keywords from Documents Small World. *Discov. Sci.* Springer Berlin Heidelberg. 2001. pp. 271–281.
- 20) Chen P.I., Lin S.J. Automatic keyword prediction using Google similarity distance. *Expert Syst. Appl.* 2010. Vol. 37. Iss. 3. pp. 1928–1938.
- 21) Jones K.S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval. *J. Doc.* 1972. Vol. 28. pp. 11–21.
- 22) Schluter N. Centrality Measures for Non-Contextual Graph-Based Unsupervised Single Document Keyword Extraction. *21 Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2014. pp. 455–460.
- 23) Tsatsaronis G., Varlamis I., Science I. SemanticRank : Ranking Keywords and Sentences Using Semantic Graphs. *COLING'10 Proceedings of the 23rd International Conference on Computational Linguistics*. 2010. pp. 1074–1082.
- 24) Wan X., Xiao J. Single Document Keyphrase Extraction Using Neighborhood Knowledge. *Proceedings of the Twenty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence*. 2008. pp. 855–860.
- 25) Панкратова Н.Д., Савченко І.О. Морфологічний аналіз. Проблеми, теорія, застосування. // Наукова думка. -2015. 347 с. українською мовою; № протокола метод. ради 8; дата 23.06.2016
- 26) <https://github.com/YaroslavGrushko/Keywords-Finder>

## СПОСОБИ І ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АКТИВНИХ КОНТУРНИХ МОДЕЛЕЙ. ЗМІЇ.

**Джунковський В.О., Джунковський Ю.О.**

*Національний технічний університет України*

*“Київський політехнічний інститут” ім. Ігоря Сікорського*

*просп. Перемоги, 37, Київ, Україна просп. Перемоги, 37, [dgunikv@gmail.com](mailto:dgunikv@gmail.com)*

Для створення активних контурних моделей використовуються різні форми і способи, в основному це так звані змії, шаблони, що деформуються та динамічні контури.

Змії як правило є механізмом для приведення в певній мірі попереднього знання і створюють інтерпретацію зображення низького рівня. Замість того, щоб очікувати бажані властивості, такі як безперервність і гладкість, щоб вийти з даних зображення, ці властивості накладаються з самого початку. Зокрема, еластична модель безперервної, гнучкої кривої накладається на контури і відповідає зображенню. Варіюючи еластичні параметри, силу попередніх припущень можна контролювати. До моделювання можна підійти більш конкретним шляхом, будуючи збірки гнучких кривих, в яких є безліч

параметрів управління кінематичними змінами, наприклад розмірами різних частин і кутів приєднання до них інших. Така модель відома як шаблон, що деформується, і являє собою потужний механізм для виявлення структур в зображенні.

На сьогоднішній день ситуація така, що процеси виявлення функції «низького рівня» є ефективними до деякого моменту, але не можна очікувати, що вони допоможуть отримати цілі геометричні структури. Змії ж пропонують принципово новий підхід до вирішення цих обмежень обробки даних низького рівня. Основна ідея в тому, щоб прийняти карту функції  $F(r)$ , як на Рис. 1(a), а також розглянути  $(-F(r))$  як «пейзаж», на якому змії є кривою  $r(s)$ , що деформується, де  $0 \leq s \leq 1$ . Наприклад, фільтр, який обробляє вхідні дані особливо якісно, і надає зображення з високою контрастністю матиме тенденцію залучити змію в усі краї об'єкта. Рівноважне рівняння для  $r(s)$  налаштоване таким чином, що  $r(s)$  має тенденцію залежати від високоякісних екземплярів  $F$ , які максимізують в свою чергу якість,  $F(r(s))$  протягом  $0 \leq s \leq 1$ .



а) Відповідно розроблені фільтри зображення можуть виділити області образу, в якому відбиваються певні особливості.

б) Рівноважне рівняння. Змії у їх фінальній конфігурації.

Рис.1.

Тенденція до максимізації  $F$  формалізується як «зовнішня» потенційна енергія динамічної системи. Це врівноважується «внутрішньою» потенційною енергією, яка прагне зберегти гладкість кривої. Рівноважне рівняння:

$$\left( \frac{\partial(w_1 r)}{\partial s} - \frac{\partial^2(w_1 r)}{\partial s^2} \right) + \text{grad}(F) = 0 \quad (1)$$

Отже, якщо (1) вирішити ітеративно, з відповідною конфігурацією, вона буде мати тенденцію осідати на гребені карти функції  $F$ , і Рис. 1(б) ілюструє це. Коефіцієнти  $w_1$  і  $w_2$  в (1), які повинні бути позитивними, регулюють і відновлюють значення пов'язані з еластичністю і жорсткістю змії відповідно. Будь-який з цих коефіцієнтів може змінюватися в залежності від  $s$ , уздовж змії. Наприклад, дозволяючи  $w_2$  опуститися до 0 в деякій точці  $s = s_0$  дозволить змії робити вигин, як показано на Рис. 1(б). Збільшення ж  $w_2$  закликає змію бути більш гладкою, але при цьому і більш гнучкою.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Andrew Blake and Michael Isard. Active Contours // Springer. - London, 2013. - 312p.

### ФОРМУВАННЯ РБФ-МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ІНДУКТИВНОГО ДЕРЕВА РОЗВ'ЯЗКІВ CART

Добровська Л.М., Галай Д.С.

факультет Біомедичної інженерії НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
Україна, м. Київ-56, проспект Перемоги, 37,  
luci\_d@inbox.ru

Проблема розробки ефективних класифікаторів медичних даних залишається актуальною і в наш час. Багато досліджень спрямовані на розробку методів аналізу цих даних, серед яких методи на основі РБФ-мереж [1]. РБФ-мережі є одним із найпопулярніших інструментів апроксимації функції (або класифікації даних). Головна перевага РБФ-мереж – придатність алгоритмів до навчання на прикладах. Цей метод виведення є набагато швидшим, ніж деякі інші інструменти (наприклад, багаточаровий перцептрон) [2]. Однією з проблем, з якими стикається проектувальник цього виду класифікатора, є необхідність визначити кількість нейронів та їх параметри (значення центру РБФ у вигляді функції Гауса та дисперсії).

Метою роботи є розглянути підхід щодо проектування RBF-мережі на основі використання генератора Дерева розв'язків CART (Classification and Regression Trees) [3], який розбиває простір прикладів на відносно однорідні гіперпрямокутні області (кожна область потім асоціюється з одним із РБФ-нейронів). Дослідити чи є він стійким до значень несуттєвих атрибутів і до проблеми їх різного масштабування.

*Постановка задачі (класифікація медичних даних).* Нехай на основі множини навчання у вигляді  $Q$  пар даних вхід-ціль  $\{\mathbf{p}_1, t_1\}, \dots, \{\mathbf{p}_q, t_q\}$  сформовано Дерево розв'язків CART. Якщо на вхід цього Дерева подається вектор  $\mathbf{p} = \mathbf{p}_q = [p_1 \dots p_R]^T$ , то його вихід  $c$  дорівнюватиме значенню «1», якщо  $t_q=1$ , і «-1», якщо  $t_q=-1$ , для  $q = 1, \dots, Q$ . Ініціалізацію РБФ-мережі виконано на основі Дерева розв'язків CART. Вагу вихідного шару  $\mathbf{W}^2$  налаштуємо на основі псевдооберненого правила.

Якщо атрибути мають числові значення  $p_i \in \mathcal{X}$ , то  $c(\mathbf{p})$  має вигляд бінарної функції  $c: \mathcal{X}^n \rightarrow \{-1, 1\}$ . Класифікатор як функція  $h: \mathcal{X}^n \rightarrow \{-1, 1\}$ , поданий у вигляді РБФ-мережі, повинен апроксимувати шляхом мінімізації ймовірності  $h(\mathbf{p}) \neq c(\mathbf{p}), \forall \mathbf{p}$ . Більш загальний класифікатор може виконувати відображення  $h: \mathcal{X}^R \rightarrow L$ , де  $L$  – множина міток класів.

Сформульовану задачу розв'язуємо експериментально.

Під час розробки РБФ-мережі проектувальникові треба знати:

1) як визначити параметри РБФ-нейронів і скільки нейронів необхідно, щоб класифікатор досягнув прийнятної точності класифікації не лише на прикладах навчання, але і на невідомих даних;

2) як впоратися з тим, що кожен атрибут може мати різний масштаб;

3) як визначити атрибути, які безпосередньо не відносяться до визначеної задачі класифікації.

*Ініціалізація РБФ-мережі з використанням Дерева розв'язків CART.*

*Крок 1. Алгоритм визначення центрів функції Гауса.* Для кожного гіперпрямокутника визначається місце розташування центру функції Гауса  $\mu$  на основі таких правил:

1. Якщо тільки одна сторона гіперпрямокутника лежить на межі простору, то  $\mu$  розміщують в геометричному центрі цієї сторони.

2. Якщо дві або більше сусідніх сторін гіперпрямокутника лежать на межі простору, то  $\mu$  розміщують у кутку, визначеному цими сторонами.

3. Якщо гіперпрямокутник граничить усіма сторонами з іншими гіперпрямокутниками, то  $\mu$  розміщують в його геометричному центрі.

*Крок 2. Визначення дисперсії.* Дисперсія визначає, як швидко значення функції  $\varphi(p)$  зменшується із зростанням відстані між  $p$  і  $\mu$ . Обґрунтовані значення цього параметра залежать від розміру  $k$ -ої сторони гіперпрямокутника, тому що необхідно переконатися, що  $\varphi(p)=z$  на кожній межі гіперпрямокутника.

Нехай  $I_{ik}$  – розмір  $k$ -ого виміру  $i$ -ого гіперпрямокутника (на рис. 1 це значення для центра функції Гауса в точці  $\mu$  буде дорівнювати  $I_k = \theta_2 - \theta_1$ ).

Введемо новий параметр  $\alpha$ , такий що  $\alpha^2 = I_{ik}^2 / \sigma_{ik}^2$ . Той факт, що  $\alpha$  має однакове значення для усіх  $k$  атрибутів і для усіх  $i$  нейронів, гарантує, що співвідношення між  $I_{ik}$  і  $\sigma_{ik}^2$  є постійним в межах усіх областей. Вихід  $i$ -ого нейрона обчислюють за формулою, отриманою шляхом заміни  $\sigma_{ik}^2 = I_{ik}^2 / \alpha^2$  у рівнянні

$$\varphi_i(\mathbf{p}) = \prod_{k=1}^R \exp\left(-\frac{\|p_k - \mu_{ik}\|^2}{2\sigma_{ik}^2}\right), \text{ одержимо } \varphi_i(\mathbf{p}) = \prod_{k=1}^R \exp\left(-\frac{\alpha^2 (p_k - \mu_{ik})^2}{2I_{ik}^2}\right).$$

Розміри гіперпрямокутників окремо для кожного атрибута визначають дисперсію функції Гауса. Зміна масштабу формує інші гіперпрямокутники. Оскільки алгоритм гарантує, що функція Гауса матиме однакове значення в межах гіперпрямокутників, то зменшена чутливість методу до зміни масштабу.

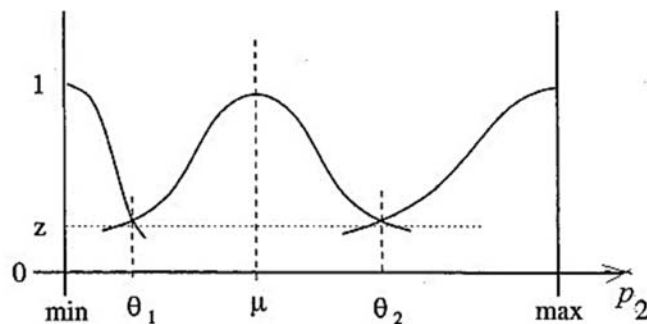


Рис. 1. Функцію Гауса розміщено над підінтервалами області визначення атрибута  $p_2$  (функція має мінімальне значення на межі двох прямокутників)

Перевагою методу є те, що порівняно з більшістю методів визначення РБФ-мереж кількість параметрів значно зменшена. Зокрема, повний набір дисперсій  $\sigma_{ik}^2$  замінюється параметром  $\alpha$ .

*Крок 3. Визначення ваги вихідного шару.* Нехай трансформовані на основі РБФ  $\varphi$  приклади навчання були зафіксовані у вигляді матриці  $\mathbf{P}$ , так, що кожен рядок зображує один приклад, а  $i$ -ий стовпчик містить значення  $\varphi_i$  цього прикладу. Нульовий атрибут, який завжди має значення «1», зображує  $\varphi_0$ .

Нехай  $\mathbf{C}$  – матриця класифікації, де кожний стовпчик підтримує одну мітку класу: якщо  $r$ -ий приклад маркується  $j$ -им класом, то  $j$ -е поле в  $r$ -ому рядку  $\mathbf{C}$  дорівнює «1», а всі інші поля в цьому ряду містять «-1». Завдання полягає в тому, щоб визначити матрицю ваги  $\mathbf{W}$ , яка дозволить мінімізувати середньоквадратичну похибку вигляду  $(\mathbf{PW}-\mathbf{C})$ . Це можна досягти за допомогою псевдооберненої матриці  $\mathbf{P}^+$ , користуючись тим фактом, що середньоарифметична похибка мінімізована, якщо

$$\mathbf{W} = (\mathbf{P}^T \mathbf{P})^{-1} \mathbf{P}^T \mathbf{C} = \mathbf{P}^+ \mathbf{C}.$$

*Програмна реалізація.* Класифікатор на основі РБФ-мережі реалізовано на Python, а для визначення індукційного Дерева розв'язків CART використано систему MATLAB.

Висновки. Розглянуто метод проектування РБФ-мережі на основі генератора Дерева розв'язків CART. Метод має такі переваги над класичними методами:

1) розмір RBF-мережі визначається автоматично, а параметри прихованих нейронів - безпосередньо на основі Дерева розв'язків;

2) метод здатний обробляти дані навіть за умови, що окремі атрибути вимірюють у різних масштабах;

3) кожен RBF-нейрон враховує тільки атрибути, значимі у відповідній предметній області; набір цих атрибутів може відрізнятися в кожній підобласті.

Експериментальні дослідження показують:

1. Цей метод є чутливим до вибору  $\alpha$ , поки параметр знаходиться в інтервалі  $\alpha \in (0,5, 4)$ . Один параметр, про який користувачеві доведеться хвилюватися (окрім  $\alpha$ ), – це скорочення кількості рівнів (довжини гілок) Дерева розв'язків.

2. Спроектовані РБФ-мережі мають переваги над звичайною ініціалізацію запропонованих розв'язків на основі Дерева розв'язків CART.

3. Точність класифікації на основі результуючої мережі переважає оригінал індуктивного Дерева розв'язків в областях, які характеризують наявність шумів та нелінійний характер поверхні розв'язків.

У простих завданнях, легких для Дерева розв'язків, нема підвищення точності, яке можна очікувати від спроектованої RBF-мережі. RBF-мережа виконує класифікацію краще за метод CART в областях з надзвичайно нелінійними поверхнями розв'язків.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Добровська Л. М. Теорія та практика нейронних мереж: навч. посіб. / Л.М. Добровська, І. А. Добровська. – К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2015. – 396 с.
2. Hagan Martin T. Neural Network Design / T. Martin Hagan, B. Howard Demuth, Mark. Beale – USA: Colorado University Bookstore, 2010. – 1012 p.
3. Jang, Jyh-Shing Roger Neuro-fuzzy and soft computing: a computation approach to learning and machine intelligence / Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tsai Sun, Eiji Mizutani. – USA, 1997. – 640 p.

### ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

Ковалишин О.С.

Національний університет “Львівська Політехніка”,  
вул. Степана Бандери, 12, м. Львів, Львівська обл., 79000.  
e-mail: kovalyshynoleh@gmail.com

**Вступ.** Чітка організація робочого процесу є критичною для установ медичного спрямування. Досягнути цього можна лише за умов якісного планування. Враховуючи збільшення напливу пацієнтів в медичних закладах, ручне складання розкладів стає все менш ефективним і більш трудозатратним процесом.

**Постановка задачі.** Підвищення ефективності функціонування медичних закладів вимагає автоматизації процесу складання розкладу.

**Пропонований підхід.** Для розв'язання задачі побудови розкладу медичних установ використовуються наступні методи: повного перебору, гілок та границь, імітації відпалу, логічного програмування з обмеженнями, розфарбування графу та інші. Враховуючи належність зазначеної задачі до класу NP, прийнятною альтернативою її розв'язання є використання еволюційного підходу – генетичних алгоритмів з акцентом на вдоволення жорстких вимог за допомогою імітаційної моделі клініки.

**Основний матеріал.** Недоліком багатьох методів побудови та оптимізації розкладів є те, що для покращення результатів в своїй основі вони використовують ітераційну техніку. Впродовж однієї ітерації проходить пошук розв'язку, який буде кращим тільки в околі поточного. У випадку успішного знаходження, воно заміщає собою поточне і починається нова ітерація. Так триває доти, поки дельта цільової функції практично не наближається до нуля, чи не виконається задане число ітерацій. Очевидно, що такі методи орієнтовані на пошук лише локальних оптимумів, до того ж розташування знайденого оптимуму залежить від стартової точки [1]. Досягнення глобального оптимуму може статися лише випадково. Для підвищення ймовірності досягнення оптимальних результатів можливе використання множинних наборів вхідних даних з різними початковими точками, що в свою чергу суттєво збільшує час пошуку.

В зв'язку з зазначеним доцільним є розробка та використання алгоритмів які б ввібрали переваги наведених методів та уникали їх недоліків. До таких методів відносяться генетичні алгоритми -

стохастичні евристичні оптимізаційні методи, основна ідея яких взята з теорії еволюційного розвитку видів[2].

Першим кроком розробки генетичного алгоритму є кодування структури “хромосоми”, яка буде представляти розв’язок. В даному випадку хромосомою доцільно представити розклад функціонування клініки. Наступним кроком є генерація початкової вибірки (популяції) де виправданим є використання скінченного автомата для генерації хромосом, що задовольняють жорстким обмеженням. Для роботи алгоритму оптимізації потрібно розробити метод оцінки розвитку в популяціях. Таким методом може виступати вимога мінімізації цільової функції або, в термінах генетичних алгоритмів, фітнес-функції. Тут доцільно використати інтегральний показник оптимальності розкладу, заснований на пенальті за невдоволення поставлених до розв’язку вимог. На реалізації операцій мутації, кросоверу та селекції також накладаються жорсткі обмеження, наприклад, послідовність слідування процедур в планах лікування пацієнтів, наявність медичного обладнання тощо. Тому в даній ситуації виправданим є використання імітаційної моделі процесу побудови розкладу, яка враховуватиме вищенаведені ситуації та фактично буде відтворювати процеси внесення зміни в розклад.

Таким чином, розмістивши початкову популяцію в створене середовище та реалізувавши еволюційні процеси отримується ітераційний алгоритм пошуку оптимального рішення. На кожному його етапі якого виконуються наступні дії: 1) кожна особина популяції оцінюється за допомогою фітнес функції; 2) кращі рішення копіюються в нову популяцію без змін; 3) на основі пропорційного відбору з поточної популяції вибираються хромосоми, які піддаються рекомбінації; 4) якщо нова популяція сформована, то стара видаляється, після чого переходимо до п. 1. У протилежному випадку переходимо до п. 3

#### Висновки

Використання генетичних алгоритмів є ефективним підходом для оптимізації розкладів медичних закладів та знаходження глобальних оптимальних розв’язків. Застосування імітаційних моделей дозволяє здійснювати перетворення розкладу без порушення жорстких обмежень, накладених предметною областю.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Безгинов А. Н. Обзор существующих методов составления расписаний / Безгинов А. Н., Трегубов С. Ю. // Информационные технологии и программирование. Межвузовский сборник статей, М. – 2005. – Выпуск 2 (14).
2. Глибовец Н.Н., Медвідь С.А. Генетические алгоритмы и их использование для решения задачи составления расписания // Кибернетика и системный анализ. – 2003. – № 1. – С. 95–108.

### СИСТЕМИ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

**Костюк К.Є., Сергеев-Горчинський О.О.**

*Інститут прикладного системного аналізу  
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
katrishsa333@gmail.com*

**Введення.** Поступове збільшення обсягів інформації в сучасних інформаційних системах формує необхідність у розробці та впровадженні нових підходів до аналізу великих обсягів даних (Великих даних, Big Data). Для аналізу Великих даних розробляються нові системи та методи інтелектуального аналізу даних, засновані на концепції розподілених та незалежних обчислень, у тому числі системи сервісів, що реалізовані у вигляді сервісно-орієнтованих архітектур (COA) та Веб-COA. У Веб-COA стандартні методи аналізу даних представлені в вигляді окремих Веб-сервісів доступних для взаємодії з іншими сервісами чи Веб-агентами за допомогою стандартних протоколів мережі Інтернет.

Розглянемо поширені системи Веб-сервісів для інтелектуального аналізу даних.

**Системи Веб-сервісів.** Можна виділити наступні системи Веб-сервісів для інтелектуального аналізу даних [1]: Weka4WS, Orange4WS, KNIME, MATLAB, ClowdFlows і DAME.

Доступ до Веб-сервісів, зазвичай, реалізують на базі протоколів Simple Object (Simple Object Access Protocol, SOAP) та Representational State (Representational State Transfer, REST). Призначення Веб-сервісів та варіанти взаємодії з ними описують на мові Web Service Definition Language (WSDL).

Система Weka4WS [2] є розширенням пакету Weka, яке забезпечує виконання методів інтелектуального аналізу даних у вигляді Веб-сервісів на розподілених вузлах мережі Інтернет. Weka4WS побудована на базі Грід-сервісів за технологією віддаленого управління ресурсами (Web Services Resource Framework, WSRF) та пакету Globus для управління виконанням методів інтелектуального аналізу у



вигляді потоків розрахунків (Workflows). Архітектура Weka4WS передбачає аналіз даних різними методами з фіксованими параметрами чи одним методом з різними параметрами на розподілених вузлах мережі Інтернет.

Система Orange4WS [3] є розширенням пакету Orange. В порівнянні з Orange, Orange4WS включає в себе такі функції, як можливість застосування Веб-сервісів в якості компонентів потоків розрахунків. Потоки розрахунків мають вигляд онтологій, в яких описані типи та джерела даних, сервіси інтелектуального аналізу даних в абстрактному вигляді, зручному для автоматичного управління. В Orange4WS є можливість імпорту зовнішніх Веб-сервісів за їх WSDL-описом.

Система KNIME [4] також заснована на архітектурі Веб-сервісів. Клієнтські вузли представлені у вигляді Веб-сервісів, які компонується в потоки розрахунків. Потоки розрахунків включають вузли для попередньої обробки даних, побудови та візуалізації аналітичних моделей.

В MATLAB [5] реалізовані два типи взаємодії з Веб-сервісами – REST та SOAP. Для аналізу великих обсягів даних існує можливість створення Веб-сервісів та завантаження їх у хмарні системи.

Окрім розглянутих систем Weka4WS, Orange4WS та KNIME, розроблених у вигляді локального програмного забезпечення з графічним інтерфейсом, існує дві системи, які потребують встановлення браузера та наявності доступу до мережі Інтернет: ClowdFlows та DAME.

Система ClowdFlows [6] розроблена у вигляді Веб-додатку для управління потоками розрахунків, які виконуються у хмарному середовищі. Система має відкритий програмний код для створення та спільного виконання потоків розрахунків в задачах інтерактивного машинного навчання та інтелектуального аналізу даних. ClowdFlows підтримує взаємодію з Веб-сервісами за протоколом SOAP.

Система DAME [7] створена у вигляді пакету Веб-додатків для взаємодії з розподіленими середовищами. DAME забезпечує зручний доступ до великих обсягів даних у хмарних системах та включає Веб-сервіси для обробки та аналізу даних.

Порівняємо системи за зручністю їх застосування.

**Порівняльний аналіз.** Для порівняння систем Веб-сервісів були вибрані наступні критерії [1]:

1. SOAP і REST (C1) – підтримка популярних протоколів доступу до Веб-сервісів. Майже всі системи підтримують SOAP, у системі DAME реалізована взаємодія за протоколом REST. Лише в MATLAB реалізовані обидва типи протоколів.

2. Кросплатформеність (C2) – можливість встановлення на операційних системах Windows, Linux і Mac. Усі системи є кросплатформеними.

3. Хмарні обчислення (C3) – підтримка хмарних обчислень та Грід-обчислень при вирішенні складних і трудомістких задач інтелектуального аналізу даних. Лише 3 системи Weka4WS, MATLAB й ClowdFlows підтримують хмарні та Грід-обчислення.

4. Аналітична універсальність (C4) – можливість застосування кількох різних методів інтелектуального аналізу даних в одному потоці розрахунків. Стандартні три групи методів інтелектуального аналізу реалізовані в системах Weka4WS, Orange4WS, KNIME та MATLAB.

5. Потоки розрахунків (C5) – можливість виконання потоків розрахунків, збереження результатів та проведення експериментів. Потоки розрахунків реалізовані в чотирьох системах Weka4WS, Orange4WS, KNIME та ClowdFlows.

6. Імпорт Веб-сервісів (C6) – підтримка імпорту сторонніх Веб-сервісів з мережі Інтернет.

7. Відкритий програмний код (C7) – можливість розширення та поліпшення коду. Чотири системи Weka4WS, Orange4WS, KNIME і ClowdFlows мають відкритий програмний код.

8. Веб-інтерфейс (C8) – можливість роботи у Веб-браузерах. Дві системи ClowdFlows та DAME реалізовані у вигляді Веб-додатків, проте вимагають підключення до мережі Інтернет.

9. Веб-збереження (C9) – можливість збереження даних у Веб-сховищі, що дозволяє виконувати різні експерименти з даними без повторного завантаження. Така особливість наявна лише в DAME.

У таблиці 1 наведені результати порівняння систем Веб-сервісів для інтелектуального аналізу даних.

**Висновки.** З результатів порівняльного аналізу слідує, що розглянуті системи Веб-сервісів для інтелектуального аналізу даних поки не відповідають усім критеріям зручності застосування, так, у системах Weka4WS, Orange4WS, KNIME і ClowdFlows реалізовані 9 з 13 пунктів порівняльного аналізу та у системі DAME лише 6 з 13 пунктів (см. табл. 1). У системах Orange4WS та KNIME відсутня підтримка хмарних обчислень, яка полегшує та пришвидшує роботу з великими обсягами даних. Основною перевагою системи Weka4WS порівняно з системою ClowdFlows є універсальність системи за кількістю реалізованих методів інтелектуального аналізу даних, а порівняно з системою MATLAB – підтримка виконання потоків розрахунків та наявність відкритого програмного коду, у свою чергу головною перевагою цих систем порівняно з системою Weka4WS є можливість імпорту зовнішніх Веб-сервісів. Отже, після порівнянь систем Веб-сервісів, найбільш перспективною для вирішення комплексних задач з аналізу Великих даних є система Weka4WS, обчислювальні можливості якої обмежуються лише кількістю

та характеристиками обладнання, а широкий перелік реалізованих методів інтелектуального аналізу забезпечує можливість створення комбінованих потоків розрахунків для аналізу різнотипних даних.

Таблиця 1

Результати порівняння систем Веб-сервісів для інтелектуального аналізу даних

	C1		C2	C3	C4				C5	C6	C7	C8	C9	Σ
	SOAP	REST	Крос-платформність	Хмарні обчислення	Класифікація	Кластеризація	Зменшення розмірності	Універсальність системи	Потоки розрахунків	Імпорт Веб-сервісів	Відкритий програмний код	Веб-інтерфейс	Веб-збереження	
<b>Weka4WS</b>	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	<b>9</b>
<b>Orange4WS</b>	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	<b>9</b>
<b>KNIME</b>	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	<b>9</b>
<b>MATLAB</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-	<b>9</b>
<b>CloudFlows</b>	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	<b>9</b>
<b>DAME</b>	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	<b>6</b>
	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Medvedev Viktor. Cloud Technologies: A New Level for Big Data Mining / Viktor Medvedev, Olga Kurasova // Computer Communications and Networks. – Springer, 2016. – P. 55-67.
2. Talia D. The Weka4WS framework for distributed data mining in service-oriented Grids / D. Talia, P. Trunfio, O. Verta // Concurrency and Computation. - Vol. 20, No. 16. - Wiley, 2008. - P. 1933-1951.
3. Podpecan V. Orange4WS Environment for Service-Oriented Data Mining / Vid Podpecan, Monika Zemenova, Nada Lavrac // The Computer Journal. – Vol. 55, No. 1. – Oxford Press, 2012. – P. 82-98.
4. Berthold M. KNIME: The Konstanz Information Miner / Michael R. Berthold et al. // Data Analysis, Machine Learning and Applications. - Springer, 2008. - P. 319-326.
5. Gula M. Matlab Adapter – Online Access to Matlab/Simulink Based on REST Web Services / M. Gula, K. Zakova // Intelligent Systems in Cybernet. and Automat. Theory. - Vol. 348. - Springer, 2015. - P. 199-206.
6. Kranjc J. CloudFlows: A Cloud Based Scientific Workflow Platform / J. Kranjc, V. Podpecan, N. Lavrac // Lecture Notes in Computer Science. - Vol. 7524. - Springer, 2012. - P. 816-819.
7. Brescia M. DAME: A Distributed Data Mining and Exploration Framework Within the Virtual Observatory / M. Brescia et al. // Remote Instrumentation for eScience and Related Aspects. - Springer, 2012. - P. 267-284.

### СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ

Литвиненко В.И., Дробот Д.С., Лурье И.А., Мурзенко А. И.

Херсонский национальный технический университет,  
73008, Херсон, Бериславское шоссе 24

[immun56@gmail.com](mailto:immun56@gmail.com), [Asteon@outlook.com](mailto:Asteon@outlook.com), [iil@rambler.ru](mailto:iil@rambler.ru), [oleksandr.murzenko@mail.ru](mailto:oleksandr.murzenko@mail.ru)

Развитие современных высокоэффективных исследовательских технологий сопровождается накоплением беспрецедентных объемов экспериментальных данных. Осмысливание и использование этих экспериментальных данных принципиально невозможно без системного подхода и привлечения современных информационно-компьютерных технологий и эффективных математических методов анализа данных и моделирования биологических систем и процессов. В ответ на эту острую потребность возникла новая наука – постгеномная биоинформатика, или системная компьютерная биология. Одним из центральных объектов изучения системной биологии являются генные сети.

Для обобщения, систематизации и анализа информации о генных сетях требуется проведение широкомасштабных теоретических и компьютерных исследований. Это необходимо для понимания принципов их организации, молекулярных механизмов функционирования, закономерностей эволюции, оценки влияния мутаций на функцию генных сетей, реконструкции генных сетей на основе

экспериментальных данных, для создания генетически–модифицированных генных сетей с заданными характеристиками их функционирования. Именно поэтому теоретическое исследование динамики генных сетей методами математического моделирования приобретает в настоящее время фундаментальное и первоочередное значение.

Компьютерное моделирование генных сетей – одна из центральных задач информационной биологии. Фактически речь идет об исследовании динамического поведения сверхбольших нелинейных открытых систем. Создание методов моделирования динамики генных сетей даст в руки исследователей мощный инструмент для предсказания признаков организмов, закодированных в их генах, позволит оценивать влияние мутаций на функциональные характеристики организмов и обеспечит возможность конструирования искусственных молекулярно–генетических систем с заданными свойствами.

Генные сети – группы координированно функционирующих генов, обеспечивающих формирование фенотипических признаков организмов (молекулярных, биохимических, физиологических, морфологических, поведенческих и т.д.) [1].

Построение моделей генных регуляторных сетей, которые включают как топологию, так и динамику взаимодействия их компонентов, является NP-полной задачей и представляет важную проблему для системной биологии. В этом докладе мы предлагаем новый метод синтеза сетей Петри с помощью алгоритма клонального отбора для моделирования генных регуляторных сетей. В данном подходе предлагается использовать алгоритм клонального отбора для синтеза оптимальной топологии сети Петри и последующего ее использования для моделирования генных регуляторных сетей.

Сеть Петри представляет собой направленный двусторонний граф и состоит из четырех основных компонентов: *позиции (Place)*, обозначенные окружностями; *переходов (Transition)*, обозначенные черными прямоугольниками; *дуг (Arc)*, обозначенные стрелками; и *меток* или *маркеров (Token)*, обозначенные черными точками. Простой пример сети Петри представлен на Рис. 1. Позиции, переходы и дуги описывают статическую структуру сети Петри. Каждый переход имеет ряд входных позиций (круги с дугами, ведущими к переходу) и ряд позиций выхода (круги, куда приходят дуги после перехода). Обычно, позиции рассматриваются, как ресурсы или условия, а переходы, как действия или события [2]. Дуги не могут напрямую соединять 2 перехода или позиции.

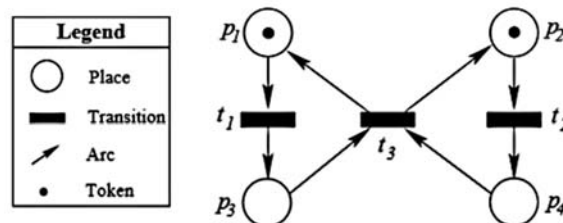


Рис. 1 Простой пример сети Петри [2]

Формально Сеть Петри определяется как четверка  $\langle P, T, I, O \rangle$ , где  $P$  и  $T$  — конечные множества позиций и переходов,  $I$  и  $O$  — множества входных и выходных функций. Другими словами, сеть Петри представляет собой двудольный ориентированный граф, в котором позициям соответствуют вершины, изображаемые кружками, а переходам — вершины, изображаемые утолщенными черточками; функциям  $I$  соответствуют дуги, направленные от позиций к переходам, а функциям  $O$  — от переходов к позициям.

Для обучения структурной архитектуры генной сети предложена следующая архитектура (Рис.2):

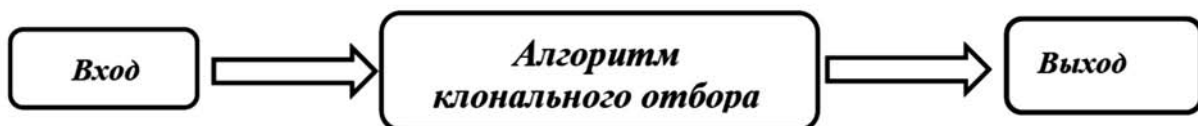


Рис.2. Архитектура иммунной интеллектуальной системы

Для синтеза сети Петри в данной работе был применен алгоритм клональной селекции. Формально алгоритм клональной селекции можно представить следующим образом [3]:

$$CLONALG = (P^l, G^k, l, k, m_{Ab}, \delta, f, I, \tau, AG, AB, S, C, M, n, d),$$

где  $P^l$  – пространство поиска (пространство форм);  $G^k$  – представление пространства;  $l$  – длина вектора атрибутов (размерность пространства поиска);  $k$  – длина рецептора антитела;  $m_{Ab}$  – размер

популяции антител;  $\delta$  - функция экспрессии;  $f$  - функция аффинности;  $I$  - функция инициализации начальной популяции антител;  $\tau$  - условие завершения работы алгоритма;  $AG$  - подмножество антигенов;  $AB$  - популяция антител;  $S$  - оператор селекции;  $C$  - оператор клонирования;  $M$  - оператор мутации;  $n$  - количество лучших антител, отбираемых для клонирования;  $d$  - количество худших антител, подлежащих замене новыми.

Клональный алгоритм состоит из способа представления антител, способа определения аффинности (фитнес-функции).

Представление решения (соответственно антитела) является механизмом кодирования соответствующей функциональной сети Петри (см. Рис. 3). Сеть разбивается на ряд кодируемых рядов, каждый из которых соответствует ферментативной реакции гена. В кодируемой строке рассматриваются только субстраты и продукты. Наименьшая часть кодировки представляет виды и содержит название вида, его  $Id$  и кинетическую скорость, связанную с ферментативной реакцией. На рисунке 3 показано, как генерируется конкретное кодирование представленной как сеть Петри.

$$(S_1, 1, k)(S_2, 2, k)(P, 3, k)$$

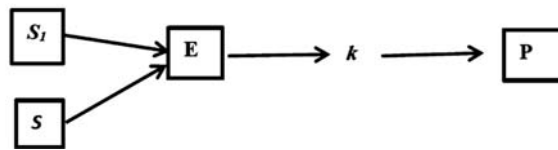


Рис.3. Кодирование антител (решений) [4]

Каждое решение кандидата оценивается на основе соответствующей функции пригодности. Функция пригодности (аффинность) рассчитана как разница между сгенерированной системой поведением и целевым поведением, заданным в качестве входных данных и которая должна быть минимизирована, описывается следующим выражением:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \frac{|X_{i, target} - X_i(t)|}{nT} + 0.2L,$$

где  $n$  - общее количество генов,  $T$  - максимальный временной шаг, а  $X_{i, target}$  и  $X_i(t)$  представляют целевое выходное значение и вычисленное целевое значение соответственно концентрации генов (метаболитов)  $X_i$  в момент времени  $t$ . В целом, мы предполагаем, что более простые топологии являются наиболее лучшими. С этой целью к функции исходной пригодности добавляется фактор кратности, где  $L$  - длина закодированного решения. Следовательно, этот терм штрафует потенциальные цепи с чрезмерно большим количеством генов.

Пошаговая реализация алгоритма поиска (клонального алгоритма) для синтеза сетей Петри (СП) представлена на рисунке 2.

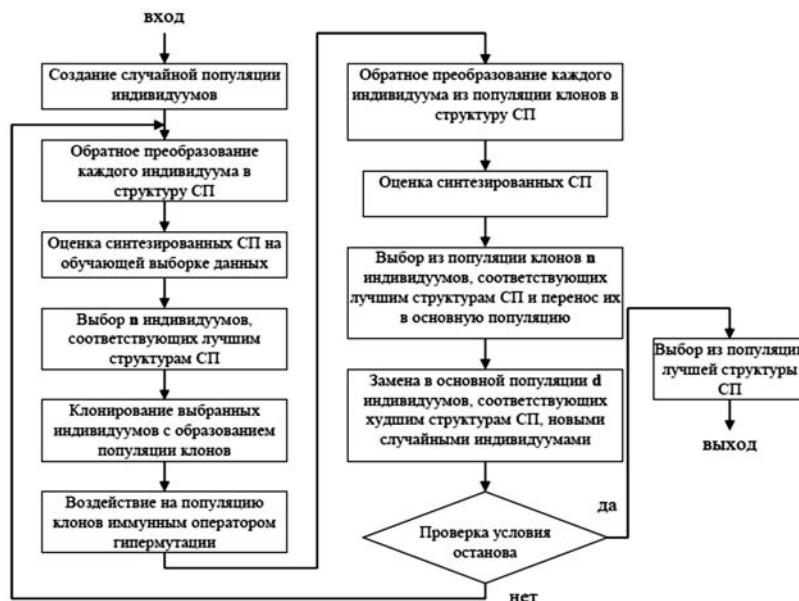


Рис. 4. Блок-схема иммунного алгоритма синтеза и настройки сетей Петри

В этом алгоритме для оценивания каждого получаемого решения производится обратное преобразование строки индивидуума в структуру нейронной сети с соответствующими настройками, которая проверяется на обучающей выборке с получением среднеквадратической ошибки аппроксимации.

Вывод. Экспериментальные результаты показали, что предложенный нами метод синтеза моделей сетей Петри для моделирования генных регуляторных сетей обладает хорошими рабочими характеристиками.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Колчанов Н.А., Ананько Е.А., Колпаков Ф.А. и др. Генные сети //Молекулярная биология. – 2000. – Т. 34. – № 4. – С. 533–544
2. W. Reisig. Petri Nets, An Introduction. EATCS Monographs on Theoretical Computer Science, W.Brauer et al (Eds.), Springer–Verlag, Berlin, 1985.
3. Бідюк П. І., Литвиненко В. І., Фефелов А. О. Формалізація методів побудови штучних імунних систем / П. І. // Наукові вісті Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. – 2007. – № 1. – С. 29–41.
4. Chaouiya, C. (2007) Petri net modelling of biological networks. Briefing in Bioinformatics, Vol.8, No.4, (July 2007), pp. 210-219, ISSN 1477-4054
5. Steggle, L.J.; Banks, R., Shaw, O. & Wipat, A. (2007) Qualitatively modelling and analysing genetic regulatory networks: a Petri net approach. Bioinformatics, Vol.23, No.3, (March 2007), pp. 336-343, ISSN 1460-2059
6. Steggle, L.J.; Banks, R. & Wipat, A. (2006) Modelling and analysing genetic networks: From Boolean networks to Petri nets. Lecture Notes in Computer Sciences, Vol.42, (October 2006), pp. 127-141, ISSN 0302-9743

### ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ

Литвиненко В.И., Окренец Р.В., Лукьянов В.В., Оволаби А. О.

*Херсонский национальный технический университет, 73008, Херсон, Бериславское шоссе 24  
immun56@gmail.com, okrenec@inbox.ru, vladislav.ek@gmail.com, tonyladzy@yahoo.com*

Нечеткие когнитивные карты (НКК) были предложены Б. Коско в 1986 г. и используются для моделирования причинных взаимосвязей, выявленных между концептами некоторой области [1]. Нечеткие когнитивные карты являются удобным средством представления знаний эксперта при моделировании причинно-следственных отношений в динамических системах. Одной из трудностей при реализации нечетких когнитивных карт является необходимость экспертного определения большого количества точных значений весов связей между факторами. Возникает проблема автоматической подстройки значений весов связей между факторами на основании обучающей выборки, которая решается в результате обучения когнитивной карты. Основными элементами когнитивной карты являются базисные, при этом также используются термины "концепт", "параметр" или "переменная" Когнитивная карта является отображением сети причинно-следственных связей, которые характеризуют определенную область знаний и могут быть представлены в виде следующего формального описания

$$G = \langle E, W \rangle,$$

где  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  – множество факторов,  $W$  – бинарное отношение на множестве  $E$ , которое задает набор связей между его элементами.

Элементы  $e_i$  и  $e_j$  считаются связанными отношениями  $W$  и обозначается  $(e_i, e_j) \in W$ , если изменение значение концепта  $e_i$  (причины) приводит к изменению значения концепты  $e_j$  (следствия). Если увеличение значения-причины приводит к увеличению значения концепта-причины приводит к увеличению значения концепта-следствия, то влияние считается положительным («усиление»), если же значение уменьшается - отрицательным («торможение») Тем самым отношение  $W$  можно представить в виде объединения двух непересекающихся подмножеств  $W = W^+ \cup W^-$ , где  $W^+$  множество положительных, а  $W^-$  множество отрицательных связей. Сами концепты при этом могут принимать как относительные (качественные), так и абсолютные, измеримые величины. Понятие нечеткой когнитивной карты представляет собой расширение классического понятия когнитивной карты Данное расширение

понятия основывается на предположении, что влияния между концептами различаются по интенсивности, которая может изменяться во времени. Таким образом, переход от классического отношения  $W$  к нечеткому отношению осуществляется за счет введения показателя интенсивности влияния. Следовательно, элементы  $w_{ij}$  нечеткого отношения  $W$  характеризуют направление и степень интенсивности (вес) влияния между концептами  $e_i$  и  $e_j$ .

$$w_{ij} = w(e_i, e_j)$$

где  $w$  - нормированный показатель интенсивности влияния (характеристическая функция отношения  $W$ )

Нечеткая когнитивная карта представляется в виде взвешенного ориентированного графа, вершины которого соответствуют элементам множества  $E$  (концептам), а дуги - ненулевым элементам отношения  $W$

(причинно-следственным связям) Каждая дуга имеет вес, задаваемый соответствующим значением  $w_{ij}$ . Само отношение  $W$  представимо в виде матрицы размерности  $n \times n$  (где  $n$  - число концептов в системе), которая может рассматриваться как матрица смежности данного графа и называется когнитивной матрицей

Генная регуляторная сеть (ГРС) представляет собой набор генов, которые взаимодействуют друг с другом (посредством продуцирования белков и РНК), и таким образом, осуществляют регулирование уровня сети, на котором гены транскрибируются в мРНК. Эти сети модулируют производительность обменных процессов, что приводит к структурным изменениям на уровне функциональном уровне клеток и тканей. Моделирование ГРС позволяет получать информацию о генных взаимоотношениях. Данная информация применяется для решения многих проблем во многих областях медицины и биологии, таких как идентификация метаболических путей, выявление генетических заболеваний, открытие новых лекарств, снижение побочных эффектов лечения, изучение паттернов экспрессии генов с неизвестной функцией и получение сведений об их производительности. Применение технологии микрочипов, позволяет параллельно измерять тысячи уровней экспрессии генов, создала огромное количество данных, ранее не доступных для биологов. Данные микрочипов временных рядов представляют собой числовую матрицу, состоящей из тысяч строк (с указанием генов) и десятков столбцов (представляющих образцы или временные точки). Общий вид этих данных выглядит следующим образом [13]:

$$\begin{array}{cccccc} & t_1 & t_2 & \dots & t_T \\ g_1 & D_{11} & D_{12} & \dots & D_{1T} \\ g_2 & D_{21} & D_{22} & \dots & D_{2T} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g_n & D_{n1} & D_{n2} & \dots & D_{nT} \end{array}$$

где,  $g_i$  - это гены и  $t_j$  - временная точка.  $D_{ij}$  указывает на  $i$ -й уровень экспрессии генов на  $j$ -й момент времени. Таким образом, величина сигнала  $g_i(t)$  в момент  $t = j$  равна  $D_{ij}$ . В генной сети, величина  $g_i(t)$  связана с самим собой и с другими генами при  $t-1$ .

Уровень экспрессии гена может вызывать увеличение (активацию) или снижение (репрессию) уровня экспрессии другого связанного с ним гена. Эти причинно-следственные связи между генами критически важны для понимания функций клеток. Однако многие из этих отношений неизвестны специалистам в данной проблемной области, и поэтому для выявления этих отношений необходимы алгоритмы выявления причинно-следственных связей. Хотя было разработано много методов для реконструкции структуры ГРС из данных экспрессии генов [4], мы считаем, что для лучшего представления и обнаружения отношений в ГРН можно использовать НКК. Из литературных источников известно, что в настоящее время наиболее широко используются для этих целей такие методы как булевы сети [5, 6], байесовские сети [7], динамические байесовские сети [8], обыкновенные дифференциальные уравнения [9, 10] и методы корреляции и взаимной информации [11, 12]. Эти методы представляют уровни экспрессии генов, используя либо булевы значения, либо масштабированные вещественные значения. Применение НКК для решения задач реконструкции ГРН может обеспечить хороший баланс между методами представления логических и реальных значений. Однако широкому использованию нечетких когнитивных карт для решения данного класса задач, затруднено в связи с необходимостью указывать большое количество точных значений весов связей между факторами. Задача автоматического определения точных значений весов связей между факторами и определения их топологии решается в результате обучения когнитивной карты. В данном докладе предложена реализация клонального алгоритма построения и обучения когнитивных карт.

Основная задача заключается в том, чтобы реконструировать ГРС, основываясь исключительно на наблюдаемых данных экспрессии генов (временные ряды) [14]. Предлагаемый алгоритм обучает НКК на значениях временных рядов. Помимо матрицы весов, предлагается также обучить  $\lambda_0$  в передаточной функции для каждого узла. Цель алгоритма - найти оптимальный НКК, которая может генерировать временные ряды как можно ближе к наблюдаемому (эталонному) временному ряду. В целевую функцию также включен штраф за сокращение, поскольку связи между концептами в реальных приложениях, включая ГРС, являются разреженными. Целевая функция перед декомпозицией выглядит следующим образом [14]:

$$E = \frac{1}{N_v(N_T - 1)N_s} \sum_{\substack{2 \leq s \leq N_T \\ 1 \leq n \leq N \\ 1 \leq t \leq N_s}} \left( C_n(s, t) - \hat{C}_n(s, t) \right)^2 + p_s \sum_{1 \leq i, j \leq N_v} |w_{ij}|$$

где  $N_v$  – число узлов в НКК,  $N_s$  – количество временных рядов,  $N_T$  – количество временных точек в каждом временном ряду,  $p_s$  коэффициент штрафа,  $C_n(s, t)$  – наблюдаемые значения данных для узла  $n$  во временных рядах  $s$  в момент времени  $t$ ,  $\hat{C}_n(s, t)$  является результатом моделирования для узла  $n$  во временных рядах  $s$  в момент времени  $t$ , определяемый следующим образом.

$$\hat{C}_n(s, t) = f_n \left( \sum_{i=1}^{N_v} w_{in} C_n(s, t-1) \right)$$

где  $f_n(\cdot)$  функция активации для узла  $n$

$$f_n(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda_n x}}$$

где  $\lambda_n$  – параметр сигмоида для узла  $n$ . Для каждого узла используются различные значения параметров, чтобы моделировать различия в их чувствительности к изменениям в их входных данных. Вычисление  $\hat{C}_n(s, t)$  зависит только от  $\lambda_n$  и  $n$ -го столбца весовой матрицы  $W_n$ , как определено в следующем:

$$W_n = [w_{1n}, w_{2n}, \dots, w_{N_v, n}]^T$$

Поэтому целевую функцию  $E$  можно сформулировать как суммирование членов  $N_v$  ошибки  $E$ :

$$E_n = \frac{1}{(N_T - 1)N_s} \sum_{T=2}^{N_T} \sum_{s=1}^{N_s} \left( C_n(s, t) - \hat{C}_n(s, t) \right)^2 + p_s \sum_{i=1}^{N_v} |w_{in}|$$

Алгоритмы оптимизации используются для оптимизации  $\lambda_n$  и  $W_n$  отдельно для каждого  $n$  от 1 до  $N_v$ . Конечный результат получается путем непосредственной конкатенации отдельных результатов:

$$W = [W_1, W_2, \dots, W_{N_v}]$$

$$\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_v}]$$

Основанный на этом разложенном подходе, количество переменных, которые нужно оптимизировать в каждом отдельном процессе оптимизации, уменьшается от  $N_v(N_v + 1)$  до  $N_v + 1$ . Это является одной из причин, которая позволяет изучать НКК для построения ГРС больших размеров.

Пошаговая реализация алгоритма поиска (клонального алгоритма) для синтеза НКК представлена на рисунке 1.

В этом алгоритме для оценивания каждого получаемого решения производится обратное преобразование строки индивидуума в структуру нечеткой когнитивной карты с соответствующими настройками.

**Вывод.** Экспериментальные результаты показали, что предложенный нами метод обучения нечетких когнитивных карт для реконструкции генных регуляторных сетей обладает хорошими рабочими характеристиками.

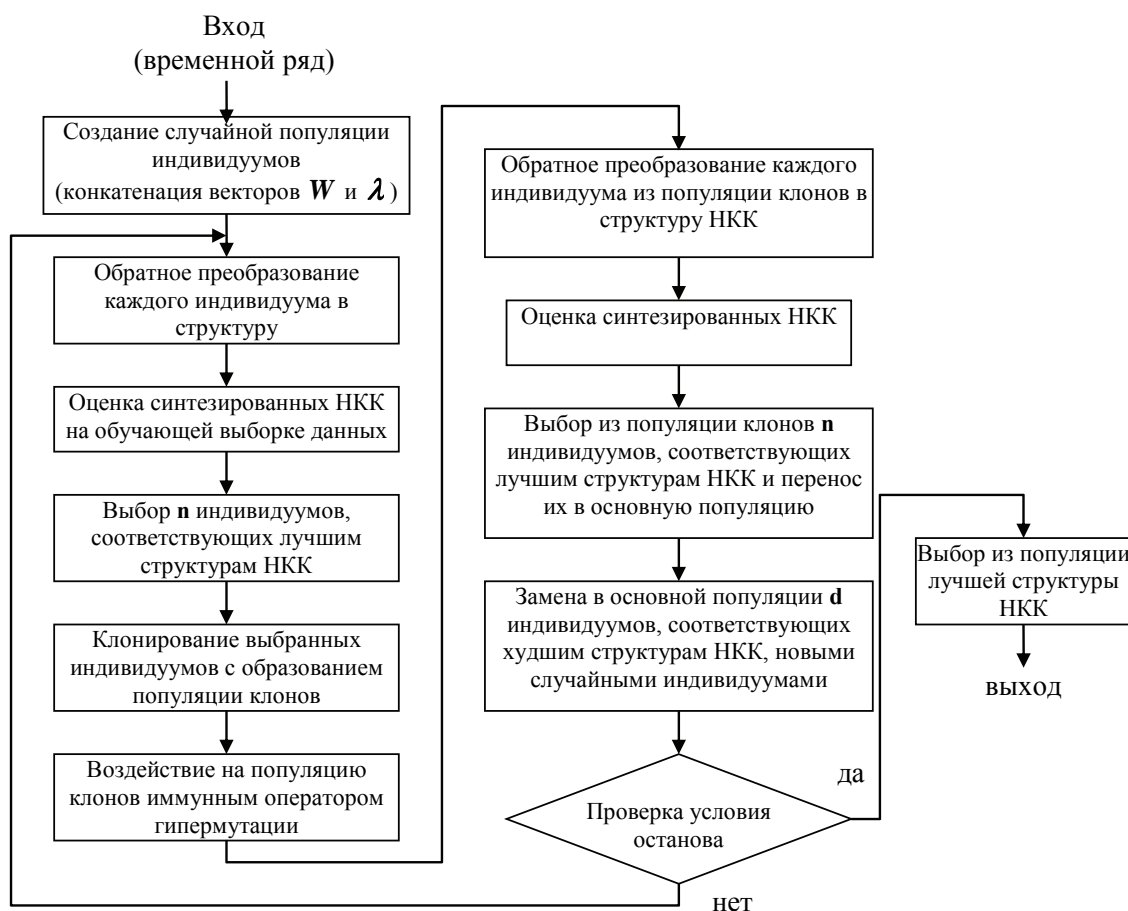


Рис. 1. Блок-схема иммунного алгоритма синтеза и настройки нечетких когнитивных карт

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – P. 65-75.
2. Силов, В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. – М.: ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
3. Горленко О.А., Лагереv Д.Г., Мирошников В.В., Чистоклетов Н.Ю. Управление инновационной деятельностью региона на основе применения когнитивного моделирования // Научный потенциал региона: сущность, измерение, оценка влияния на результаты экономической деятельности : материалы науч.-техн. Интернет-конф., 7-11 дек. 2009 г., г. Брянск/ Брян. гос. техн. ун-т. - Брянск, 2009.
4. D. Marbach, J. C. Costello, R. Kuffner, N. M. Vega, R. J. Prill, D. M. Camacho, et al., "Wisdom of crowds for robust gene network inference," Nat Meth, vol. 9, pp. 796-804, 08/print 2012.
5. I. Shmulevich, E. R. Dougherty, S. Kim, and W. Zhang, "Probabilistic Boolean networks: a rule-based uncertainty model for gene regulatory networks," Bioinformatics, vol. 18, pp. 261-274, February 1, 2002 2002.
6. H. Lähdesmäki, I. Shmulevich, and O. Yli-Harja, "On Learning Gene Regulatory Networks Under the Boolean Network Model," Machine Learning, vol. 52, pp. 147-167, 2003/07/01 2003.
7. S. Imoto, S. Miyano, and T. Goto, "Estimation of Genetic Networks and Functional Structures Between Genes by Using Bayesian Networks and Nonparametric Regression," in Pacific Symposium on Biocomputing, 2002, pp. 175-186.
8. B.-E. Perrin, L. Ralaivola, A. Mazurie, S. Bottani, J. Mallet, and F. d'Alché-Buc, "Gene networks inference using dynamic Bayesian networks," Bioinformatics, vol. 19, pp. ii138-ii148, September 27, 2003 2003.
9. T. S. Gardner, D. di Bernardo, D. Lorenz, and J. J. Collins, "Inferring Genetic Networks and Identifying Compound Mode of Action via Expression Profiling," Science, vol. 301, pp. 102-105, July 4, 2003 2003.



10. M. Bansal and D. D. Bernardo, "Inference of gene networks from temporal gene expression profiles," *Systems Biology*, IET, vol. 1, pp. 306-312, 2007.
11. A. J. Butte and I. S. Kohane, "Mutual information relevance networks: functional genomic clustering using pairwise entropy measurements," in *Pac Symp Biocomput*, 2000, pp. 418-429.
12. A. V. Werhli, M. Grzegorzczak, and D. Husmeier, "Comparative evaluation of reverse engineering gene regulatory networks with relevance networks, graphical gaussian models and bayesian networks," *Bioinformatics*, vol. 22, pp. 2523-2531, Oct. 2006.
13. Yaghoobi H, Haghypour S, Hamzeiy H, Asadi-Khiavi M. A review of modeling techniques for genetic regulatory networks / *J Med Signals Sens*. 2012 Jan;2(1):61-70.
14. Y. Chen, L.J. Mazlack, A.A. Minai, L.J. Lu, *Inferring Causal Networks using Fuzzy Cognitive Maps and Evolutionary Algorithms with Application to Gene Regulatory Network Reconstruction*, *Applied Soft Computing Journal* (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.08.039>

### ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА KNIME ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ

Лур'є І.А., Партенюха Д., Вороненко М.О., Радецька С.В., Вишемирська С.В.

*Херсонський національний технічний університет*  
*iil@rambler.ru, partenjukha@rambler.ru, mary\_voronenko@i.ua,*  
*rad\_svete@rambler.ru, vish\_sveta@rambler.ru*

Сучасні електронні мас-медіа - ефективний інформаційний інструмент. Незважаючи на цінність ролі, яку відіграє сьогодні Інтернет в ЗМІ, причини його розвитку і ролі на ринку інформації вивчені недостатньо.

Для з'ясування вектору загальної орієнтованості джерел електронних мас-медіа і інформації, яку вони представляють, необхідно розглянути їх подібності та відмінності, виявити суспільні фактори, що впливають на цю орієнтованість. Необхідно теоретичне осмислення і вивчення явищ в системі засобів масової інформації – Інтернет-ЗМІ. Незважаючи на стійкі позиції в списку уподобань аудиторії, як окремий тип засобів масової інформації електронні мас-медіа недостатньо досліджені з наукової точки зору. Останнім часом активно розвиваються технології, спрямовані на психологічний вплив. Уже сьогодні процес інтеграції елементів зв'язків з громадськістю набуває все більш цілеспрямований характер, переходячи на новий рівень — створення мережевих структур зв'язків з громадськістю. Мережеві елементи задіяні в таких суспільно значущих феноменах і процесах як реклама товарів, політична реклама, вибори, різні геополітичні процеси, війни, інші конфлікти. Вони стають сполучними процесами в єдиному механізмі зв'язків з громадськістю. Одним з основних компонентів PR-комунікацій є електронні мас-медіа, які створюють найбільш сильний вплив на аудиторію. Сутність даного дослідження зумовлена спробою аналізу специфіки функціонування електронних мас-медіа на тимчасово окупованих територіях України. Враховуючи те, що на даний час Україна перебуває в умовах інформаційної війни, то існує необхідність проведення контент-аналізу електронних мас-медіа для виявлення цілей, характеру та напрямків діяльності інформаційних Інтернет-видань на тимчасово окупованих територіях України, а також для отримання повноцінної і об'єктивної картини про події, що там відбуваються.

Метою даної роботи є використання інформаційної технології для аналізу електронних мас-медіа на тимчасово окупованих територіях України.

Моніторинг і аналіз електронних мас-медіа — систематичне відстеження новин, повідомлень з Інтернет-ресурсів, що дає можливість своєчасно виявляти та прогнозувати тенденції виникнення конкурентних ситуацій. Процедура аналізу інформаційних матеріалів, що містяться на сторінках Інтернет-видань базується на кількісному та якісному аналізі. Кількісний аналіз — це первинна оцінка повідомлень про діяльність об'єктів аналізу у засобах масової комунікації. Кількісний аналіз оцінює загальну кількість часу, що присвячений для висвітлення предметів і тем, обраних для аналізу в електронних мас-медіа. Якісний аналіз полягає у вивченні основних характеристик інформаційного поля, форми подачі матеріалу, його емоціональної направленості або відсутності ознак порушення законодавства. Якісний аналіз дозволяє оцінити інформацію про об'єкт аналізу як позитивну, негативну чи нейтральну по своєму змісту. У сучасному світі мас-медіа та широкого спектру доступних соціальних медіа каналів, існує величезна кількість наявних даних. Проблема полягає в доступі до цих даних і їх перетворенні в корисні та актуальні. Протести і радикальні дії знайшли відображення в онлайн-середовищі, встановити це вдалося при проведенні аналізу компонентів Інтернет-дискурсу соціальних медіа. Було розглянуто велику кількість повідомлень, коментарів, які відображають настрої користувачів в умовах ескалації конфлікту та інформаційного протистояння.

KNIME - це зручний у використанні графічний інструмент для всього процесу аналізу - отримання доступу до даних, перетворення даних, початкового вивчення, потужного інтелектуального аналізу, візуалізації та формування звітів. Ця відкрита інтегрована платформа пропонує більше 1000 модулів (вузлів), розроблених як учасниками спільноти KNIME, так і представниками великої мережі партнерів. Процедури здійснюються за допомогою робочих процесів, а робочий процес складається з вузлів. The Nodes (Вузли) - відповідають за реалізацію різних процедур у робочому процесі, їх можна знайти в «Сховищі вузлів». Data View- зберігають вузли, що слугують для візуалізації даних (побудова графіків, діаграм). Кожен вузол має вікно конфігурації для налаштування параметрів. Це може бути дуже корисно, якщо ви стоїте на шляху до розуміння соціальних засобів масової інформації або якщо вам необхідно оперативна реагувати на тактичну діяльність на певному каналі. Ці інструменти можуть дати вам початковий огляд. Вони не підходять для отримання більш глибокого розуміння поведінки, потреб, проблем, побажань або тенденцій індивідів, оскільки інструменти і послуги фактично не забезпечують ніяких даних, а також контексту для представлення узагальнених даних. Користувачі, які функціонують в різних сферах діяльності, визнають важливість соціального впливу і розробки моделі впливу в соціальних медіа, яка не спирається на детальні соціально-психологічні дослідження. Комбінування інтелектуального аналізу тексту і аналізу мережі було здійснено для інформаційного агентства «Антифашист» - новинний ресурс, який має на меті представлення інформації про політичні, економічні і воєнні дії на тимчасово окупованих територіях України. Для розширення своєї аудиторії і залучення великої кількості користувачів створенні сторінки у таких соціальних мережах як Facebook, Twitter, Вконтакте, Однокласники. Для цих спільнот це можливість ділитися і коментувати актуальні та існуючі новини. Інформаційне агентство «Антифашист» та сторінки його спільнот мають дуже високі результати систем показників відвідуваності, що дозволяє отримувати тактичний вид на дані, пов'язані з соціальними медіа. Загалом, спільнота містить близько 7 000 коментарів 10930 статей про політику і в цілому близько 85000 користувачів. Спільнота користувачів досить активна з більш ніж 100 відповідей в темі. Більшість користувачів зареєстровані і залишають коментарі під своїми нікнеймами, але деякі з них коментують і анонімно. Зокрема, було проаналізовано Twitter аккаунт Інтернет-видання «Антифашист», який має 1389 читачів-послідовників, а також 28839 твітів, кількість яких щоденно зростає. За допомогою сервісу Followergwonk отримані дані про користувачів-послідовників даної сторінки. На основі цих відомостей - застосовані методи інтелектуального аналізу тексту, мережеві аналітичні методи, а також зворотне перетворення сирової інформації в звичні дані, тобто були застосовані методи кластеризації і моделювання. Вигляд Twitter-аккаунту продемонстровано на рис. 1.



Рис. 1. Twitter аккаунт інформаційного агентства Антифашист

Для користувачів-послідовників було проведено аналіз настроїв. Судячи із ретвітів з Twitter аккаунту Антифашист (@antifashistcom), рівень зацікавленості визначається кількістю та характером коментарів, які вони додають до своїх ретвітів. Було досліджено рівень соціального авторитету, який характеризується для кожного користувача його активністю в плані кількості ретвітів і коментарів і вимірюється за шкалою від 1 до 100. Для розуміння настрою користувача, визначається рівень відносин по характеру його коментарів, тобто позитивні вони чи негативні. Рівень відносин також може бути використаний для класифікації користувачів в майбутньому. Для того, щоб класифікувати настрої по лексикону, що містить слова (підказки) як додаток до іншої інформації, використовується їх полярність. Полярність слова вказує, викликає слово щось позитивне або щось негативне. Можливі значення полярності: позитивні, негативні і нейтральні. Зрозуміло, що лексикон неймовірно важливий, не тільки в плані мови, але і її контекстного використання для певної аудиторії. Використання платформи KNIME, дозволяє вільно обирати лексикон, який найбільш підходящий для заданих текстових даних. Можна альтернативно застосувати KNIME для побудови або зміни наявного словникового запасу відповідно до конкретних завдань. Для виконання інтелектуального контент-аналізу тексту, важливо розуміти структуру даних Twitter-аккаунту Антифашист і як вони читаються і трансформуються в KNIME. “Ретвіт” - це запис з коментарем або відповідь на інший коментар. Кожен твіт з усіма наступними коментарями і ревітами

являє собою певну структуру, яку можна представити в документі. Для кількісної оцінки відносин користувачів, необхідно переміщатися по всіх документах і виміряти кількість негативу і позитиву, що міститься в них. Слово можна розглядати як позитивний або негативний коментар тільки само по собі або в залежності від контексту. Частота негативних і позитивних слів з певних тем визначає настрої теми. Точно так як частота використання негативних і позитивних слів, застосованих користувачами в різних темах, визначає настрої користувача. Чим більше негативних слів використано, тим більше негативно це сприймається іншими користувачами, а позитивні - навпаки. Для кожного користувача-послідовника, визначається частота позитивних і негативних слів, відповідно обчислюється його участь в ретвітах сторінки Антифашист. Різниця між такими частотами визначає ставлення користувача:

$$\lambda(u) = f_{\text{pos}}(u) - f_{\text{neg}}(u) \quad (1)$$

де,  $f_{\text{pos}}(u)$  - частота використання позитивних слів;  $f_{\text{neg}}(u)$  - частота використання негативних слів. Позитивні  $\lambda$  визначають позитивних користувачів, а негативні  $\lambda$  - негативних.

KNIME має різні категорії обробки тексту, вузли виключно присвячені для читання, обробки і кількісної оцінки текстів. Вузли обробки тексту працюють на новому типі даних документів.

Частота негативних і позитивних термінів потім агрегуються над ідентифікатором користувача, для отримання загальної частоти негативних і позитивних слів для кожного користувача. Рівень відносин кожного користувача потім розраховується як різниця між двома частотами термінів Користувачів було розділено на дві категорії «позитивні» і «негативні». Припустимо, що призначений для користувача рівень відносини є розподіленням Гауса навколо середнього значення  $\mu_\lambda$  з дисперсією  $\sigma_\lambda$  і, що більшість користувачів навколо  $\mu_\lambda$  є нейтральними. Тому можна передбачити, що користувачі з рівнем відносин  $\lambda$  всередині  $\mu_\lambda \pm \sigma_\lambda$  є нейтральними, в той час як користувачі з  $\lambda$  в лівій черзі розподілення Гауса ( $\lambda \leq \mu_\lambda - \sigma_\lambda$ ) є негативними і користувачі з  $\lambda$  в правій розподілення Гауса ( $\lambda \geq \mu_\lambda + \sigma_\lambda$ ) є позитивними. На підставі розрахованих значень для  $\mu_\lambda$  і  $\sigma_\lambda$ , результати процесу Бінінгу: 807 негативних користувачів, і 582 позитивних. На рис. 2 показаний графік розсіювання всіх відомих користувачів-послідовників. Вісь X представляє частоту позитивних слів, Y частоту негативних слів, використовуваний користувачем.

Користувачі, які написали більшість (позитивних і негативних слів) є позитивними або негативними користувачами. Користувач з найбільшою кількістю слів (позитивних і негативних) є «Turmalay». Однак, він не є користувачем з найвищим рівнем відносини, тому що рівень його соціального авторитету дорівнює 60.

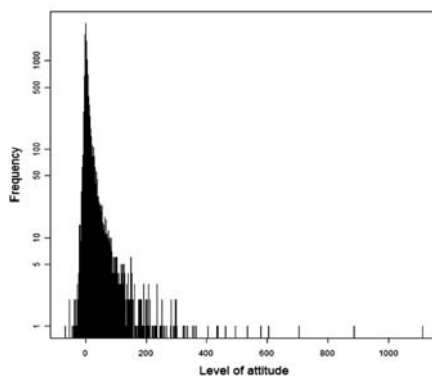


Рис. 2. Розподіл рівня ставлення з боку користувачів

З метою виявлення основних лідерів і послідовників слід застосувати індекс центральності від веб-аналітики. Цей показник був розроблений в основному для поліпшення результатів пошуку в Інтернеті, відкриваючи тільки найбільш авторитетні веб-сторінки для обраної теми пошуку. Він ґрунтується на присвоєнні кожній вершині двох різних значень, які поєднуються вагою авторитету і вагою вузла. Вершині відповідає висока вага хабу, якщо він відноситься до великих чисел, і великий рівень авторитету.

Тому висока вага концентратора присвоюється користувачам, які часто реагують на статті, опубліковані іншими. До контрасту, високий авторитет характеризує тих користувачів, чії статті генерують багато коментарів.

Створення мережі аналізу, а також візуалізація були виконані за допомогою набору мережевого аналізу KNIME в поєднанні з R Мережею добування плагінів, які можуть бути автоматично встановлені в межах KNIME платформи.

## 1 Висновки

Проаналізовано діяльність, вплив та основні тенденції розвитку Інтернет-видань на тимчасово окупованих територіях.

На сьогоднішній день представлений широкий вибір засобів для виявлення, моніторингу і аналізу, існують як платні, так і безкоштовні сервіси для аналізу даних соціальних медіа, вони дозволяють відслідковувати згадування та коментарі в таких соціальних мережах як, Facebook, Twitter, Вконтакте, Однокласники. За допомогою окремих сервісів можна встановлювати місце географічної локації користувачів.

Поєднання інтелектуального аналізу тексту і видобутку інформації в мережі відкриває нові різноманітні здатності проникнення в соціальні медіа і визначення поведінки користувачів, що було б неможливими при використанні кожного підходу окремо.

Цей підхід також може бути покращено за рахунок включення додаткових джерел відповідних даних, що стосуються конкретних пріоритетних областей, таких як назви компаній і продуктів, політичних партій, відомих користувачів. Додаткові дані будуть сприяти подальшому зміцненню можливостей методу ідентифікації, сегментування і розвитку цікавих груп користувачів. Ця методика вводить додаткові функції в призначених для користувача даних, щоб поліпшити процес аналітичного дослідження.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Манойло, А.В., Петренко, А.И., Фролов, Д.Б.: Государственная информационная политика в условиях информационно-психологической войны: монография. М., Горячая линия, Телеком, 541 с (2003)
2. Сафина, А.Р.: Особенности жанров Интернет СМИ. In: Известия Самарского научного центра Российской академии наук, №2-1, том 15, С. 226-229 (2013)
3. Шевченко, Т.: Правовой статус Интернет-ЗМІ в Україні: проблеми, перспективи врегулювання. <http://www.yur-gazeta.com/ru/oarticle/1120/>
4. Домарев, В.В.: Защита информации и безопасность компьютерных систем. К., ДиаСофт, 480 с (1999)
5. Капарини, М.: Масс-медиа, сектор безопасности и власть. Роль новостных средств массовой информации в контроле и подотчетности сектора безопасности: Научное пособие. К., 280 с. (2005)
6. Луман, Н.: Реальность массмедиа. М., Праксин, 256 с (2005)
7. Паниотто, В.: Украина. Евромайдан. Вестник общественного мнения. № 3–4, С. 17–24 (2013)

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

**Машталир С.В., Столбовой М.И.**

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
Украина, Харьков, пр. Науки 14, каф. информатики,  
sergii.mashtalir@nure.ua, slem.home@mail.ru*

Активное развитие методов обработки и анализа визуальной информации неразрывно связано с появлением новых и совершенствованием существующих программно-аппаратных средств сбора, регистрации и хранения подобных данных. В связи с этим появляются огромные объемы мультимедиа информации, в которых крайне тяжело выделить необходимую пользователю информацию. И если для изображений существуют определенные подходы по выделению контекста информации, а, следовательно, и по возможной автоматической классификации подобных данных [1], то для видеоданных данная проблема остается актуальной по нескольким причинам. Во-первых, это гораздо большие объемы информации, даже по сравнению с изображениями, которую необходимо обрабатывать, а во-вторых, это слабая структурированность подобной информации, что затрудняет задачу выделения необходимой для классификации информации в видеопоследовательностях. Также следует отметить тот факт, что видео данные обладают существенным нюансом – динамическими изменениями, которые могут приводить к неоднозначности отнесения одного и того же видео к тому или иному классу.

Исходя из вышеизложенного, существует необходимость упорядочивания и систематизации больших объемов потоковых видео данных. Для улучшения понимания структуры этих данных одним из очевидных подходов видится временная (темпоральная) сегментация [2], которая позволяет представить весь видеопоток в виде совокупности сегментов, обладающих общими свойствами, что значительно упрощает дальнейшую обработку и, в частности, выделение ключевой информации для классификации видеопоследовательностей [3].

Еще одним из подходов к темпоральной сегментации видео является обработки подобных данных при помощи аппарата анализа многомерных временных рядов, т.к. любое видео может быть представлено

в виде совокупности видеокадров, каждый из которых является, по сути, статическим изображением. Т.е. видео  $\Phi$  может быть представлено как

$$\Phi = \{B_1, B_2, \dots, B_i, \dots, B_N\}, \quad (1)$$

где  $B_i(z) \in D \subset R^2, z \in R^2$ .

Тогда сегмент видео, обладающий общими характеристиками, длины  $\beta - \alpha + 1$  представляется в виде  $S_{\alpha\beta} = \{B_\alpha, B_{\alpha+1}, \dots, B_\beta\}$ . А ключевой кадр такого сегмента выражается

$$\tilde{B}_{\alpha\beta} = \arg \min_{B^* \in S_{\alpha\beta}} \sum_{i=\alpha}^{\beta} d(B^*, B_i)$$

где  $d(\circ, \circ)$  – некая метрика сравнения кадров видео сегмента.

Для того, чтобы использовать аппарат теории временных рядов каждый кадр видеопоследовательности нужно представить в виде вектора характеристик. Тогда последовательность (1) преобразуется в

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N\}, \quad (2)$$

где  $X_i$  соответствующий характеристический вектор для кадра  $B_i$ . Для вычисления вектора характеристик воспользуемся пространственной сегментацией кадров с дальнейшим выделением свойств отдельных сегментов кадра. Таким образом, можно говорить о пространственно-временной сегментации видеопоследовательностей. На рис. 1. приведен пример построения пространственной сегментации кадров временной последовательности видеокадров.

В качестве характеристик сегментов могут выступать такие, как площадь сегмента, периметр, центры, функция выпуклой оболочки сегмента, скелет, полигональная аппроксимация и многие другие. Выбор такого набора признаков сопряжен с постановкой задачи и может варьироваться в зависимости от поставленной задачи анализа и вида входных данных. Логично, что после этого каждый  $X_i$  из (2) превращается в матрицу  $X_{ij}$ , где  $i$  – соответствующая характеристика  $j$ -го сегмента видеокадра.

В работах [4, 5] предложены подходы по анализу полученных многомерных временных рядов, основанные на VAR-моделях, экспоненциальном сглаживании и использовании нейронных сетей, где критерием изменения сцены в исходных видеоданных служит выявление разладок характеристик многомерного временного ряда.



Рис.1 – Пример построения пространственно-временной сегментации видеопоследовательности

На рис. 2 представлен результат анализа одной из видеопоследовательностей, из которого видно, что переходы между сегментами видео выделяются на графике всплесками значений характеристик временного ряда, что и соответствует выявлению разладок. В то же время похожие кадры сегмента, отличающиеся лишь незначительным изменением местоположения объекта в поле зрения, не вызывают значительных изменений в характеристиках многомерного временного ряда.

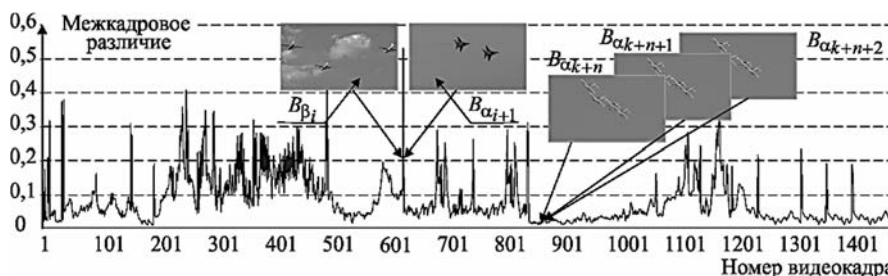


Рис.2 – Результаты пространственно-временной сегментации видеопоследовательности

Кроме описанных подходов по анализу последовательностей видео, в работах [6, 7] предложены подходы по использованию прогнозирующих моделей для анализа многомерных временных последовательностей, в котором критерием проведения временной сегментации видеоданных является ошибка прогноза, наличие которой позволяет утверждать о существенных изменениях сцены в видеопоследовательности.

Таким образом, рассмотрены подходы по пространственно-временной сегментации видеопоследовательностей, которые позволяют структурировать различные по типу входные данные и выделять видео сегменты, обладающие общими характеристиками. Что в свою очередь позволяет выделять ключевую информацию (ключевые кадры) видео сегментов [8] и, следовательно, позволяет упростить характеристическое описание видео на основе имеющегося контекста.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado Feature Extraction and Image Processing. Second edition. Academic Press, 2008. – 406 p.
2. Anderson Carlos Sousa de Santos, Helio Pedrini Video Temporal Segmentation Based on Color Histograms and Cross-Correlation // Iberoamerican Congress on Pattern Recognition CIARP 2016: Progress in Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, and Applications, pp. 225-232, 2016.
3. Reza Fuad Rachmadi, Keiichi Uchimura, Gou Koutaki Video classification using compacted dataset based on selected keyframe // IEEE Region 10 Conference (TENCON), pp.873-878, 2016.
4. Y. Bodyanskiy, D. Kinoshenko, S. Mashtalir, and O. Mikhnova On-line video segmentation using methods of fault detection in multidimensional time sequences / International Journal of Electronic Commerce Studies, vol. 3, pp. 1-20, 2012.
5. Бодяньський Є.В., Машталір С.В. Виявлення змін у потоці відеоданих на основі аналізу багатовимірних часових рядів / Доповіді Національної академії наук України. –2012. –№11. – С.30-33.
6. Mantula E.V., Mashtalir S.V. Method of Adaptive Forecasting Based On Multidimensional Linear Extrapolation / International Journal of Research in Engineering and Science, Volume 1, Issue 4. August. pp. 31-37, 2013.
7. Мантула, Е.В., Машталір С.В. Адаптивное прогнозирование временных рядов при неравностоящих наблюдениях / Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С.53-56.
8. Sergii Mashtalir, Olena Mikhnova Detecting Significant Changes in Image Sequences. In book: Multimedia Forensics and Security. Springer International Publishing, pp. 161-191, 2017.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ

**Мирзаев Н.М., Норова З.Х.**

*Научно-инновационный центр информационно-коммуникационных технологий  
при ТУИТ им. Мухаммада аль-Хорезми, г. Ташкент, Республика Узбекистан  
nomazmirza@rambler.ru*

**Введение.** Из-за роста числа транспортных средств возникает потребность обеспечения безопасности автовладельцев. Поэтому вопросы разработки и внедрения систем распознавания номерных знаков, с помощью которых определяется зарегистрированный данный вид транспорта, являются актуальными [1,2]. Одно из центральных мест в задачах создания системы распознавания номерных знаков автомобилей занимают вопросы разработки и исследования алгоритмов предварительной обработки видеоизображений автомобилей. Хотя в результате такого рода обработки мы не получаем характерные признаки, которые могут быть использованы при распознавании номерных знаков, эта обработка создает благоприятные условия для определения значений этих признаков более точно, чем без предварительной обработки. Поэтому возникает необходимость исследования нового класса задач, связанных с вопросами разработки алгоритмов предварительной обработки исходных изображений с учетом их специфических особенностей.

Цель данной работы – разработка комплекса алгоритмов предварительной обработки изображений номерных знаков. При этом следует отметить, что рассматриваемые алгоритмы являются начальным этапом при решении задачи выделения признаков, характеризующих изображения номерных знаков автомобилей.

**Постановка задачи.** В целях улучшения понимания предмета исследований представляется целесообразным разделить процесс поиска решения основной задачи на несколько четко ограниченных

последовательных этапов. Такое разделение позволяет упростить подход к решению основной задачи распознавания номерных знаков автомобилей. Ограничивая цель каждого этапа, можно ставить вопрос о критерии качества и оптимизировать показатель качества одного или совокупности нескольких этапов: 1) предварительная обработка исходных изображений номерных знаков автомобилей; 2) выделение характерных признаков изображений номерных знаков автомобилей; 3) распознавание номерных знаков автомобилей по характерным признакам. Отметим, что вопросы разработки алгоритмов предварительной обработки исходных изображений номерных знаков составляют начальную основу при создании автоматизированных систем распознавания номерных знаков автомобилей по их изображениям. В связи с этим, основное внимание в данной работе уделяется вопросам разработки алгоритмов для решения задачи первого этапа, в котором осуществляется преобразование исходного изображения в некоторое другое изображение, обладающее заданными характеристиками (например, обеспечивается увеличение отношения сигнал/шум или подчеркиваются отдельные детали изображения с тем, чтобы улучшить качество и удалить шумовые эффекты исходного изображения). Для достоверного определения характерных признаков изображений номерных знаков необходимо обработать исходные изображения и привести их к определенному виду. При этом улучшается точность выделенных характерных признаков изображений номерных знаков.

**Метод решения.** В настоящей работе рассматриваются методы и алгоритмы предварительной обработки, ориентированные на решение задачи улучшения исходных изображений при распознавании номерных знаков автомобилей. Известно, что эффективное решение задачи выделения характерных признаков изображений номерных знаков при их распознавании включает следующие основные этапы: 1) улучшение исходного изображения номерных знаков; 2) фильтрация улучшенного изображения номерных знаков; 3) бинаризация фильтрованного изображения номерных знаков; 4) фильтрация бинарного изображения номерных знаков; 5) скелетизация бинарного изображения номерных знаков.

Кратко рассмотрим задачи каждого этапа и алгоритмы решения в отдельности.

**1. Улучшение исходного изображения номерных знаков.** Основная задача первого этапа заключается в улучшении исходного изображения с точки зрения точности результатов распознавания номерных знаков по выделенным признакам изображений. В результате выполнения рассмотренного алгоритма увеличивается контраст между кривыми, характеризующими номерные знаки, и фоном.

**2. Фильтрация улучшенного изображения номерных знаков.** Фильтрация изображений тесно связана с применением преобразования Фурье и обработкой изображений в частотной области. В результате обработки рассматриваемого изображения с помощью предложенного алгоритма фильтрации мы получаем изображение, в котором устраняются многие помехи.

**3. Бинаризация фильтрованного изображения номерных знаков.** Для бинаризации фильтрованного изображения можно использовать алгоритм, основанный на гистограммном методе [3]. Основная идея данного алгоритма заключается в определении матрицы порогов на основе анализа гистограммных свойств элементов изображения и преобразовании полутонового изображения в бинарное на основе метода билинейной интерполяции пороговых значений между узлами. В результате применения рассмотренного алгоритма бинаризации изображения номерного знака выделяются контурные линии.

**4. Фильтрация бинарного изображения номерных знаков.** В целях эффективного улучшения бинарного изображения номерных знаков производится фильтрация данного изображения, используя локальную ориентацию кривых на изображении и формализуя идею «мысленного продолжения локальной ориентации кривых» при анализе номерных знаков. В результате выполнения рассмотренного алгоритма улучшается качество изображения номерного знака, и устраняются некоторые размытые участки и разрывы.

**5. Скелетизация бинарного изображения номерных знаков.** Основная идея алгоритма скелетизации заключается в формировании четкого бинарного изображения, позволяющего осуществить однозначное распознавание номерных знаков автомобилей. При этом предполагается, что в результате бинаризации с различными пороговыми значениями получаются различные бинарные изображения одного и того же объекта. Для каждого бинарного изображения определяются его скелетное представление, далее по оставшимся ветвям и вершинам формируются фрагменты бинарного изображения. В целях получения четкого бинарного изображения, полученные фрагменты накладываются друг на друга и устраняются размытые участки. В результате работы данного алгоритма формируется скелетное изображение номерного знака, которое позволяет однозначно определить характерные точки при выделении признаков в задаче распознавания номерных знаков автомобилей.

**Экспериментальная проверка алгоритмов.** Для практической реализации рассмотренных алгоритмов предварительной обработки изображений номерных знаков автомобилей разработан комплекс программ в среде Delphi. В целях оценки работоспособности описанных алгоритмов были выполнены экспериментальные исследования при решении задачи распознавания номерных знаков автомобилей.

В качестве исходных данных для рассматриваемой задачи были рассмотрены 200 изображений автомобилей разного типа. Количество классов на данном эксперименте равно 10. При этом каждое изображение автомобиля было сфотографировано в различных ракурсах и освещениях. Объем обучающей выборки – 100 реализаций (по 10 реализаций для каждого образа). Объем контрольной выборки – 100 реализаций (по 10 реализаций для каждого образа).

В данном эксперименте задача распознавания номерных знаков решалась по изображениям без предварительной обработки и с предварительной обработкой для каждого изображения с применением рассмотренных алгоритмов. В целях устранения случайного удачного (или неудачного) результата выполнено разбиение имеющихся изображений на обучающую и контрольную выборки. Разбиение строится по стандартной методике перекрестной проверки: генерируется 10 случайных разбиений выборки на 10 блоков примерно равной длины и равными долями классов, и каждый блок поочередно становится контрольной выборкой, остальные – обучающей. Точность распознавания и временные показатели определялись как средние. На основе анализа результатов этих экспериментов было выявлено, что точность результатов распознавания номерных знаков увеличивается в среднем на 17% с использованием предварительной обработки изображений.

**Заключение.** Одной из основных проблем при построении систем распознавания номерных знаков автомобилей является задача предварительной обработки изображений. Предложен комплекс алгоритмов для предварительной обработки изображений номерных знаков. Эти алгоритмы позволяют решать ряд задач, связанных с недостатками качества полученных изображений, и дающие приемлемые результаты для последующего выделения характерных признаков номерных знаков. Отметим, что разработанные алгоритмы предварительной обработки изображений могут быть использованы при составлении различных программных комплексов, ориентированных на решение задачи распознавания номерных знаков автомобилей.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Жданов О.Н., Арапов В.С., Сысоев Д.В. Автоматизированное определение номерного знака автомобиля // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. – Воронеж, 2013. - № 1. - С. 130-133.
2. Мирзаев О.Н., Мамарауфов О.А., Туймебаев А.У. Выделение репрезентативных признаков при распознавании номерных знаков автомобиля // Нейрокомпьютеры и их применение: Тез. докл. Всеросс. науч. конф. – Москва, 2015. – С. 53.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2012. – 1104 с.

### РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

**Міхайлуца О.М., Пожуєв А.В., Небеснюк В.О.**

*Запорізька державна інженерна академія,  
69006, м. Запоріжжя, пр. Соборний, 226,  
scorpiol@mail.ru*

Проблема розпізнавання рукописного тексту, зокрема математичних виразів, є актуальною проблемою сьогодні з огляду на розповсюдження тач-скрін приладів та нагальну необхідність автоматичного переводу у електронний вигляд рукописних матеріалів. На сучасному ринку існує досить багато програм з розпізнавання тексту, найкращі з яких використовують у своїй роботі нейронні мережі. Найбільш відомими продуктами для онлайн та офлайн розпізнавання є Wolfram, MathPix, PhotoMath та MyScript. Після вивчення їх можливостей та співвідношення з вартістю виникла ідея побудувати клієнт-серверний застосунок, який давав би змогу на основі зробленої або завантаженої фотографії за допомогою багатосарової нейронної мережі розпізнати із задовільною помилкою математичний вираз та передати його для подальшої обробки у обраному користувачем форматі.

У роботі була використана згорткова нейронна мережа (ЗНМ), яка складається з декількох згорткових шарів (convolution layers) та шарів підвибірки (pooling layers). Параметри згорткового шару складаються з набору фільтрів для навчання (ядер), які мають невелике рецептивне поле, але простягаються на всю глибину вхідного об'єму. Протягом прямого проходу кожен фільтр здійснює згортку по ширині та висоті вхідного об'єму, обчислюючи скалярний добуток даних фільтру та входу, і формуючи 2-вимірну карту активації фільтру. Функцією підвибіркового шару є поступове скорочення просторового розміру представлення для зменшення об'єму параметрів та обчислень у мережі. Блок ReLU



– шар нейронів для лінійної ректифікації, що застосовує ненасичувальну активаційну функцію  $f(x)=\max(0,x)$ . Він посилює нелінійні властивості функції ухвалення рішень і мережі в цілому, не зачіпаючи рецептивних полів загорткового шару. Насамкінець, високорівневі міркування в нейронній мережі здійснюються повноз'єднаним шаром (fully connected layer).

Побудований програмний продукт складається умовно з трьох модулів. Перший модуль використовується для сегментації зображення. Спочатку він був побудований з використанням алгоритму X-U відсічення. Але головною проблемою цього методу є неможливість виділення окремо елементів, які мають хоча б одну точку дотику. Після аналізу існуючих технологій згорткових нейронних мереж, які базуються на областях зображень, таких як R-CNN, Fast R-CNN та Faster R-CNN була обрана остання з них. Після отримання сегментованого зображення інформація передається до другого модуля – розпізнавання. Кожен сегмент пропускається через нейронну мережу та отримується вірогідність розпізнавання кожного з класів. Побудована мережа має наступну архітектуру: Convolution-Pooling-Convolution-Pooling-Fully Connected-ReLU-LRN (Local Response Normalization) –Fully Connected-SoftMax. На останньому етапі генерації відповіді ми маємо всі символи у потрібному порядку. Крім того, у додаткових параметрах вказується координати одного з кутів виділеного регіону, а також ширину та висоту регіону.

Реалізована можливість отримання результатів в одному з обраних форматів:

- Plain Text – відповідь у форматі Unicode тексту наближеного до виду математичних формул;
- LaTeX – мова розмітки даних та пакет макросів;
- MathML – основана на XML мова розмітки для описання математичних виразів для Інтернету;
- JSON – результат буде словником, у якому будуть вказані дані для розпізнавання та результат.

Проект був реалізований на мові програмування C++ оскільки однією з головних вимог була кросплатформність. Головними залежностями є бібліотека для розпізнавання OpenCV та Tesseract і архітектура паралельних обчислень CUDA. Кінцева система повинна бути встановлена на веб-сервері Django з використанням технології Django Rest Framework для реалізації API.FreeImage (бібліотека роботи з зображеннями). Дані про натреновану модель зберігаються у бінарних файлах. Для кожного з скритих слів моделі створюється окремий файл на сервері, у якому зберігаються усі ваги зв'язків нейронів. Із вимог до апаратного забезпечення слід відзначити необхідність наявності у відео карті CUDA архітектури не нижче 3 рівня.

При тестуванні використовувалися як автоматичні тести (“білий ящик”), так і ручні тести цілих виразів. Реалізована можливість ручного налаштування сервера на використання обраного обсягу пам'яті відеокарти. Наприклад, 70 000 елементів було оброблено за 11:20 секунд (Nvidia Geforce 750m). При використанні карти Nvidia Geforce GTX-965m час склав 5 хвилин. Затрати пам'яті 600-400 Мб.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun: Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf>
2. Michael Nielsen: Neural Networks, <http://neuralnetworksanddeeplearning.com>

### ГІБРИДНИЙ ПЕРЕБІРНИЙ АЛГОРИТМ СОМВІ-GA З ЕВОЛЮЦІЙНИМ ПРИНЦИПОМ УСКЛАДНЕННЯ СТРУКТУР МОДЕЛЕЙ

**Мороз О.Г., Степашко В.С.**

*Міжнародний науково-навчальний центр  
інформаційних технологій і систем НАН та МОН України,  
пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ, 03680 МСП, Україна  
olga\_moroz@irtc.org.ua ; stepashko@irtc.org.ua*

Комбінаторний алгоритм СОМВІ [1] належать до найбільш ефективних засобів розв'язання задач індуктивного моделювання, таких як структурно-параметрична ідентифікація, прогнозування, моделювання об'єктів і процесів за статистичними чи експериментальними даними в умовах невизначеності. Алгоритм СОМВІ позбавлений основних недоліків багаторядного ітераційного алгоритму МІА МГУА: висока ймовірність втрати релевантних аргументів і утримання нерелевантних. Але він практично успішний тільки при розв'язанні задач з кількістю вхідних змінних (аргументів) менше 30 за рахунок використання повного перебору моделей різних структур у заданому класі. Перебірні алгоритми зі спрямованим перебором можуть знайти оптимальну модель за менший час.

У попередніх роботах [2, 3] було показано, що гібридизація СОМВІ та генетичного алгоритму (GA) є перспективною для розв'язання різних задач, зокрема, задач з великою кількістю вхідних даних, з

сотнями вхідних аргументів. Початкова популяція GA в [2, 3] генерувалась датчиком рівномірно розподілених випадкових чисел.

Метою цієї роботи є дослідження ефективності нової модифікації гібридного алгоритму COMBI-GA, заснованої на використанні генератора випадкових чисел з біноміальним розподілом [4, 5] з малою, середньою і високою ймовірністю для формування початкової популяції GA. Разом з цим, вводяться спеціальні оператори мутації, які дозволяють у середньому: а) тільки підвищувати складність моделей; б) випадковим чином змінювати складність; і в) тільки спрощувати складність.

**Гібридний алгоритм COMBI-GA.** В загальному випадку задачу індуктивного моделювання можна сформулювати так. Нехай задано набір даних з  $n$  спостережень за  $m$  входами  $x_1, x_2, \dots, x_m$  і одним виходом у об'єкта. Завданням МГУА є знаходження моделі  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_m, \theta)$  з мінімальним значенням заданого критерію якості моделі  $C(f)$ , де  $\theta$  – невідомий вектор параметрів моделі. Оптимальна модель визначається як  $f^* = \operatorname{argmin}_{\Phi} C(f)$ , де  $\Phi$  – набір моделей різної складності,  $f \in \Phi$ .

Для уникнення повного перебору, типового для COMBI, розроблено COMBI-GA алгоритм з поступовим формуванням набору найбільш перспективних структур частинних моделей, який знаходить оптимальні серед них за допомогою генетичних операторів селекції, кросингверу і мутації, що визначають конкретний механізм перебору. Формально алгоритм можна описати так:

$$\text{COMBI-GA} = \{Z, X, y, f, D, CR, M, H, G, k, F\}$$

де  $Z[n \times r]$  – матриця вимірювань вхідних змінних об'єкта,  $r$  – число вхідних змінних,  $n$  – число точок вимірювання;  $y[n \times 1]$  – вектор вимірювань вихідної змінної;  $f[m \times 1]$  – вектор заданих  $m$  базисних функцій вхідних змінних;  $X[n \times m]$  – матриця вимірювань базисного набору аргументів;  $D$  – задане правило поділу матриці  $X[n \times m]$  і вектора  $y[n \times 1]$  на тестову  $A$  та перевірну  $B$  частини;  $CR$  – зовнішній критерій вибору (як функція придатності) на основі поділу вибірки  $(X, y)$ ;  $M$  – розмір популяції, що складається з бінарних хромосом (закодованих структур частинних моделей);  $H$  – розмір початкової популяції моделей,  $H < M$ ;  $G$  – множина генетичних операторів;  $k$  – правило зупинки GA;  $F$  – число кращих частинних моделей (свобода вибору), що відслідковується на всіх ітераціях алгоритму,  $1 \leq F \leq H$ .

**Основні ідеї обчислюваних експериментів.** Особини (структури моделі) початкової популяції GA кодуються у вигляді двійкових векторів структурних елементів з 0 і 1, що вказують відповідно на відсутність або наявність конкретного аргумента в моделі. В якості функції пристосованості кожної особини використовується зовнішній критерій регулярності, базований на поділі вибірки даних на дві підвибірки, навчальну та тестову. Правило зупинки гібридного алгоритму – досягнення заданої різниці між мінімальним значеннями критерію на двох сусідніх ітераціях. Відповідно до результатів порівняння кросингверів у [3], для формування нащадків від обраних елітних особин використовується найкращий одноточковий оператор. Крім того, в цьому дослідженні використовуються такі три типи операторів мутації: M1 – стандартна генна мутація [5] особини, що полягає в інверсії кількох біт хромосоми відповідно до заданої ймовірності, наприклад 0.2; M2 – специфічна генна мутація [4], коли лише нульові значення генів у хромосомі інвертуються відповідно до заданої ймовірності; M3 – навпаки, тільки значення генів з одиниць у хромосомі інвертуються відповідно до заданої ймовірності.

Дослідження було виконано на тестових задачах зі штучно згенерованими двома вибірками з 20 і 1000 аргументів, половина з яких в обох випадках є релевантною. Релевантні та нерелевантні аргументи для вихідної вибірки даних генеруються випадковим чином. Початкова популяція генерується за біноміальним законом з низькою, середньою і високою ймовірністю появи одиниць. З трьома варіантами генерації початкової популяції використовуються три види мутацій. Отже, проводилося три варіанти експериментів: Варіант1 (0,1+M1), Варіант 2 (0,5+M2), Варіант3 (0,95+M3). Рівень шуму становить 20% у всіх трьох випадках. Варіант3 можна розглядати як еволюційне спрощення моделей замість ускладнення, як у Варіант1. Генерація складності структур моделей у Варіант2 є випадковою.

Завданням індуктивного моделювання з використанням COMBI-GA є пошук істинної залежності виходу від релевантних аргументів. Оптимальна модель шукається у класі лінійних функцій ввід усіх заданих аргументів – 20 і 1000 відповідно. У разі 20 аргументів результати ефективності моделювання за допомогою COMBI-GA оцінюється на основі порівняння з результатом, отриманим за COMBI.

**Результати обчислювальних експериментів.** Експерименти показали, що у разі 20 вхідних змінних запропонований алгоритм COMBI-GA працює більш надійно і точно у Випадку 1 і у Випадку 2, на відміну від результату у Випадку 3, де алгоритм з еволюційним спрощенням моделей працює повільніше за рахунок розв'язання лінійних систем високої розмірності для оцінювання параметрів моделей.

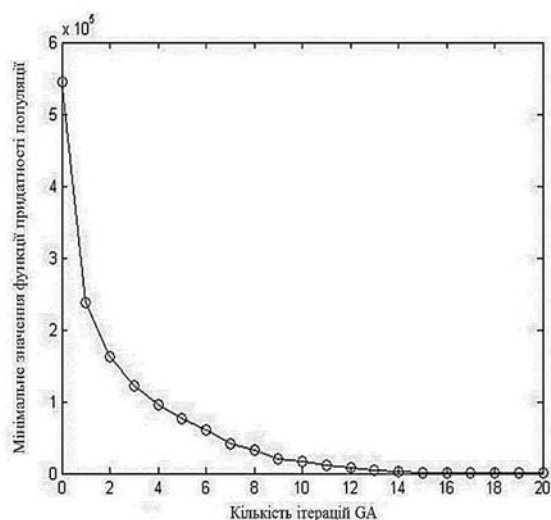


Рисунок. Збіжність COMBI-GA у разі 1000 аргументів з використанням еволюційного ускладнення моделей, рівень шуму 20%

Структури оптимальних моделей, отримані за допомогою COMBI та COMBI-GA, однакові й складаються з 15 аргументів, включаючи всі 10 релевантних (5 зайвих аргументів мають дуже малі коефіцієнти), що ілюструє адекватну роботу COMBI-GA. Гібридний алгоритм COMBI-GA знайшов оптимальну модель за 0,3 сек. в той час як COMBI – протягом 85,2 сек. Рисунок показує можливість розв’язування задач високої розмірності у Випадку 1, при цьому задачу з 1000 аргументів розв’язано протягом 17 сек. У двох інших випадках алгоритм втрачає точність і збіжність.

**Висновки.** Застосування еволюційного ускладнення моделей в алгоритмі COMBI-GA дуже ефективно при розв’язанні задач індуктивного моделювання з великою кількістю вхідних змінних для пошуку істинної моделі протягом малого проміжку часу. Було досліджено три режими роботи алгоритму з використанням початкової популяції GA, згенерованої біноміальним генератором випадкових чисел з

низькою, середньою і високою ймовірністю появи генів одиниці в хромосомі. Три режими були поєднані з відповідним оператором мутації M1, M2, M3, тобто порівнювались такі варіанти: Випадок1 (0,1+M1), Випадок2(0,5+M2), Випадок3 (0,95+M3). Було встановлено, що Випадок1 з низькою ймовірністю в поєднанні з конкретним оператором мутації, базованим на додаванні одиниці в структуру моделі, дає кращі результати щодо швидкості, надійності та точності. Такий алгоритм є корисним, коли кількість релевантних аргументів невідома, тобто в реальних задачах.

У подальшому доцільно вивчити задачу налаштування параметрів GA, зокрема, щодо того, як автоматично вибирати ймовірності генетичних операторів і біноміального генератора. Крім того, варто знайти методи для швидкого розв’язання великих систем лінійних рівнянь при використанні GA з еволюційним спрощенням моделей (Випадок 3).

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Степашко В.С. Комбинаторный алгоритм МГГА с оптимальной схемой перебора моделей // Автоматика. – 1981. – № 3. – С.31-36.
2. Stepashko V., Moroz O. Hybrid Searching GMDH-GA Algorithm for Solving Inductive Modeling Tasks // Proc. of the 1st IEEE Int. Conf. on Data Stream Mining & Processing, 23-27 August 2016, Lviv, Ukraine. – Lviv: LNPU, 2016. – P. 350-355.
3. Moroz O. Effectiveness of mutation operators in the genetic search for optimal model in a sorting-out GMDH algorithm // Proc. of 7th Int. Workshop on Inductive Modeling (IWIM-2016). – Kyiv: IRTC ITS NASU, 2016. – P. 14-18.
4. Srinivas M. and Patnaik L.M. Binomially distributed populations for modelling Gas // Proc. of the 5th Int. Conf. on Genetic Algorithms, July 1993. – San Francisco: CA, USA. – P. 138-145.
5. Еволюційні алгоритми: підручник / М.М. Глибовець, Н.М. Гулаєва; Нац. ун-т "Києво-Могилян. акад.". – Київ: НАУКМА, 2013. – 826 с.

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРА

**Москаленко В. В., Пімоненко С. В., Кудрявцев А. М.**

*Сумський державний університет, Україна, 40007, Сумська обл., м. Суми,  
вул. Римського-Корсакова, 2. E-mail: v.moskalenko@id.sumdu.edu.ua*

Конкурентоздатність хмарних провайдерів визначається можливостями безвідмовної роботи датацентру у форматі 24/7. При цьому внаслідок високого рівня споживання електроенергії в хмарних датацентрах провайдери намагаються максимізувати ефективність використання електроенергії шлях перерозподілу віртуальних ресурсів і відключення простоюючих фізичних серверів. Однак при мінімізації

затрат оператор хмари повинен забезпечувати відповідність метрик якості сервісу вимогам угоди про рівень обслуговування (Service Level Agreement, SLA), оскільки порушення умов SLA призводить до штрафних санкцій та відтоку клієнтів

При розробці автономних датацентрів з властивостями самоконфігурування, самонастроювання та самодіагностики набуває важливого значення задача прогнозування функціонального стану компонентів IT-інфраструктури та сервісів. Однак зниження продуктивності віртуальних машин нерідко призводить до затримок та некоректності в роботі засобів моніторингу, вбудованих в гіпервізор чи операційну систему віртуальної машини, що є причиною помилкових рішень. При цьому інфокомунікаційні сервіси датацентру надаються в умовах апіорної невизначеності, що обумовлені нестационарністю попиту на послуги та гетерогенністю ресурсів і додатків. При цьому застосування класичних методів машинного навчання ускладнено незбалансованістю навчальних вибірок, їх неоднорідністю, суттєвою нелінійністю залежностей між ознаками та функціональними станами, а також перетином класів в просторі ознак. Крім того внаслідок частого розгортання нових сервісів та появи нових шаблонів попиту існує необхідність оперативного донавчання чи перенавчання, що обмежує застосування нейромережевих технологій глибокого машинного навчання, які потребують великого обсягу навчальних даних, який часто відсутній, та не виправданих обсягів часового, обчислювального і відповідно енергетичного ресурсів [1]. Тому задача розробки обчислювально ефективних алгоритмів подання даних та їх класифікаційного аналізу є актуальною, а її розв'язання дозволить надати системі керування датацентром властивість адаптивності.

Алгоритм функціонування інтелектуальної системи керування датацентром повинен включати в себе процедури моніторингу обчислювального середовища та накопичення знань про взаємозв'язок небажаних функціональних станів середовища з його характеристиками та подіями в ньому, що реєструються та архівуються. При цьому основним джерелом інформації є ключові показники продуктивності (Key Performance Indicators, KPI), ключові показники якості KQI (Key Quality Indicator, KQI) та системні повідомлення, які зчитуються на різних рівнях хмарної системи. На рис. 1 показано узагальнену структурну схему системи керування датацентром.



Рис. 1. Узагальнена структурна схема системи керування датацентром

Оцінка поточного функціонального стану може бути здійснена шляхом перевірки виконання умов договору про рівень обслуговування (Service Level Agreement, SLA), що містить граничні значення цільових параметрів (Service Level Objectives, SLO), до яких належить і сприйняття якості обслуговування (Quality of Experience, QoE). При використанні категоріальних ознак з метою врахування частоти їх появи в тому чи іншому функціональному стані компонента датацентру здійснюється їх частотне перекодування. Процес кодування векторів спостережень  $\{y_m^{(j)}\}$  пропонується здійснювати шляхом порівняння значення  $i$ -ї ознаки з відповідним нижнім  $A_{L,t,i}$  та верхнім  $A_{U,t,i}$  контрольними допусками рівня  $t$ . При цьому формування бінарної навчальної матриці  $\{x_{m,r}^{(j)} \mid r = \overline{1, N}; j = \overline{1, n}; m = \overline{1, M}\}$ , де  $N$  – кількість вторинних ознак розпізнавання,  $n$  – кількість векторів-реалізацій в класі та  $M$  – кількість класів функціонального стану, здійснюється за правилом

$$x_{m, M^{*(i-1)+t}}^{(j)} = \begin{cases} 1, & \text{if } A_{L,t,i} \leq y_{m,i}^{(j)} \leq A_{U,t,i}; \quad t = \overline{1, T}. \\ 0, & \text{else;} \end{cases} \quad (1)$$

Запропонована схема кодування (1) дозволяє збільшити різноманітність двійкових векторів-реалізацій та врахувати рівень та напрям відхилення розподілу векторів-реалізацій кожної пари образів між собою.

При цьому контейнери класів розпізнавання можна побудувати в радіальному базисі отриманого двійкового простору вторинних ознак і оптимізувати їх радіуси.

Як критерій ефективності машинного навчання класифікатора розглядається модифікація інформаційної міри Кульбака [1]:

$$J_m = \left[ 1 - (\alpha_m^{(k)} + \beta_m^{(k)}) \right] * \log_2 \left[ \frac{2 - (\alpha_m^{(k)} + \beta_m^{(k)})}{(\alpha_m^{(k)} + \beta_m^{(k)})} \right] \quad (2)$$

де  $\alpha_m$  – помилка другого роду при розпізнаванні реалізацій класу  $X_m^o$ ;  $\beta_m$  – помилка другого роду.

Кожне  $z$ -те рішення  $P_z$  щодо розподілу ресурсів датацентру між  $R$  віртуальними машинами, мережами та додатками, які очікують рішення в часовому вікні  $\Delta t$ , кодується вектором чисел

$$P_z = \langle p_{z,1}, \dots, p_{z,r}, \dots, p_{z,R} \rangle, \quad (3)$$

де  $p_{z,r}$  – параметр плану виділення ресурсів  $r$ -му сервісу.

В робочому режимі система керування повинна приймати оптимальне оперативне рішення  $P_z^*$  щодо розподілу ресурсів датацентру. Оцінка оптимальності рішення відбувається на кожному кроці пошуку глобального екстремуму згортки частинних критеріїв, до яких належить рівень енергоспоживання та прогнозованих порушень умов SLA, обсяг невикористаних ресурсів та інші. Формула згортки, побудована за принципом інформаційної ентропії, відбиває змістовне наповнення поняття корисності як інформаційної категорії і має такий вигляд

$$F = \sum_{i=1}^{K_1} \omega_i \left( \frac{k_i}{k_i^{\max}} \right)^{\omega_i} + \sum_{i=K_1+1}^{K_2} \omega_i \left( \frac{k_i^{\min}}{k_i} \right)^{\omega_i} \quad (4)$$

де  $\omega_i$  – вага (пріоритет)  $i$ -го критерію;  $k_i^{\min}$ ,  $k_i^{\max}$  – відповідно нижня та верхня межі допустимої області значень  $i$ -го частинного стимулюючого та дестимулюючого критеріїв відповідно.

Гетерогенність, ієрархічність інфокомунікаційного середовища, багатофакторність та нестаціонарність процесів споживання ресурсів обумовлюють нелінійність, багатоекстремальність та високу розмірність оптимізаційної задачі. З метою підвищення оперативності пошуку як оптимального рішення щодо розподілу ресурсів, так і оптимального вектора параметрів прогностичних вирішальних правил має сенс використати популяційні алгоритми, наприклад косяк риб (Fish School Search, FSS), який відрізняється простотою реалізації, інтерпретабельністю та високою швидкістю збіжності [2].

Таким чином, запропонований алгоритм функціонування системи керування датацентром оснований на зведенні багатокритеріальної задачі оптимізації до однокритеріальної та пошуці за популяційним алгоритмом, наприклад, косяка риб, глобального максимуму узагальненого критерію ефективності функціонування датацентру. При цьому такі частинні критерії як рівень дотримання умов SLA знаходять шляхом прогнозування, де прогностичні вирішальні правила формуються в процесі інформаційно-екстремального машинного навчання за вибірковими даними моніторингу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Moskalenko V. Optimizing the parameters of functioning of the system of management of data center IT infrastructure [Text] / V. Moskalenko, S. Pimonenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 5, No. 3 (83). – P. 21–29.
2. Москаленко В. В. Вступ до інформаційного аналізу і синтезу інфокомунікаційних систем : навч. посіб. / В. В. Москаленко, А. С. Довбиш. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 225 с.

## ПРО ЗАСТОСУВАННЯ PAGERANK-ПОДІБНИХ МЕТОДИК ПРИ ПОБУДОВІ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИБОРУ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН

Олецький О.В.

Національний Університет “Києво-Могилянська Академія”,  
м.Київ, вул. Сковороди,2, oletsky@ukma.edu.ua

У 2016-17 рр. в Національному Університеті “Києво-Могилянська академія” була розроблена система автоматизованого запису студентів на вибіркові навчальні курси [1], яка працює через Веб і дозволяє студентам обирати, які вибіркові дисципліни вони хотіли б вивчати. Очевидною є доцільність набуття цієї системою рис рекомендаційної системи, яка могла б давати рекомендації кафедрам під час вибору дисциплін, які пропонуються до запису, а також студентам під час запису.

В [1] описані деякі підходи до вироблення таких рекомендацій, перш за все за рахунок розв’язання оптимізаційних задач, в загальному випадку багатокритеріальних. Суттєва проблема полягає в тому, що цільові функції та обмеження часто можуть бути заздалегідь невідомими або відомими неточно. Тому видається доцільним шукати більш інтелектуалізовані, “м’які” підходи до вироблення рекомендацій на основі ранжування варіантів. В цьому контексті видається доцільним застосування методик, подібних до PageRank [2].

В рамках цього підходу розглядається граф станів, вузли якого в найпростішому випадку відповідають навчальним дисциплінам. Для цієї задачі розглядаються також складені стани, які враховують, чи вже вивчав студент дану дисципліну, чи ні. Деякі міркування щодо аналізу складених станів обговорювалися в [3]. На цьому графі вводяться також зв’язки, що показують, які дисципліни мають бути вивчені попередньо. Ми розглядаємо такі типи зв’язків:

- одинична залежність: для вивчення дисципліни А студент має попередньо вивчити дисципліну В;
- І-зв’язки: для вивчення А необхідно вивчити і В, і С;
- АБО-зв’язки: для вивчення А необхідно вивчити або В, або С.

Відповідно до ідеології PageRank, вектор  $p$  мір важливостей вузлів отримується як лівий власний вектор матриці перехідних імовірностей  $\Pi$ , тобто як розв’язок рівняння

$$p\Pi = p$$

При цьому матриця перехідних імовірностей будується на основі тих чи інших породжуючих моделей. Зокрема, як базова може розглядатися наступна породжуюча модель:

1. Агент починає навігацію з випадково вибраного вузла серед тих, які ще не розглядалися.
  2. З імовірністю  $\alpha$  агент переходить з вузла  $X$  до одного з вузлів, від яких  $X$  залежить, а з ймовірністю  $(1-\alpha)$  – до випадковим чином вибраного іншого вузла.
  3. При аналізі залежностей розрахунок перехідних імовірностей визначається типом залежності:
    - за наявності одиничної залежності  $X$  від  $Y$  агент переходить до вузла  $Y$  з імовірністю  $\alpha$ ;
    - за наявності І-залежності  $X$  від  $Y$  та  $Z$  агент переходить до кожного з цих вузлів з імовірністю  $\alpha/2$ .
- Якщо ж вузол, скажімо,  $Y$ , уже розглядався, перехід до  $X$  відбувається з імовірністю  $0$ , а до  $Y$ -з імовірністю  $\alpha$ ;
- за наявності АБО-залежності  $X$  від  $Y$  та  $Z$  агент переходить до кожного з цих вузлів з імовірністю  $\alpha/2$ . Але, на відміну від попереднього випадку, якщо хоча б один з вузлів  $Y, Z$  уже розглядався, перехід до будь-якого з них відбувається з імовірністю  $0$ .

4. Розглядаються ймовірності повернення на залежні вузли; розгляд цих ймовірностей має дуже велике значення для розрахунку мір їх важливості та відповідно – для їх ранжування.

Замість повністю випадкового переходу до іншого вузла, можна вводити нечіткі міри релевантності, які визначаються семантичними відстанями від вузлами. Зокрема, в [4] розглядалося нечітке правило “Якщо відстань СЕРЕДНЯ, релевантність ВИСОКА”. Дійсно, найбільш релевантні курси повинні бути не найбільш віддаленими, але й не найменш віддаленими – найменш віддалений вузол буде надто схожим на даний і існує значний ризик того, що відповідний матеріал буде вже знайомий агентові. Іншими словами, функція залежності міри релевантності від міри близькості має спочатку зростати, досягати максимуму в районі середніх значень мір близькості, і потім знову спадати.

В результаті реального запису можна оцінити стаціонарні розподіли ймовірності, які безпосередньо пов’язані з кількістю студентів, записаних на кожний курс; на основі цього можуть коригуватися параметри моделі. Крім того, можна певним чином формалізувати такі поняття, як “об’єктивна корисність курсу”, “індивідуальна корисність курсу”, “якість курсу”.

Наведена породжуюча модель носить досить базовий характер. При її розвитку необхідно врахувати наступні міркування:

- окремо повинна розглядатися ситуація, коли певні курси є нормативними, тобто обов'язковими до вивчення;

- залежності між курсами також можуть мати нечіткий характер і вказувати, наприклад, наскільки важливим і необхідним для вивчення певного курсу є деякий інший;

- при формуванні перехідних імовірностей варто враховувати міри засвоєння курсів, які неминуче будуть мати нечіткий характер і можуть описуватися на основі теорії нечітких множин;

- суттєвий вплив на формування перехідних імовірностей може мати міра задоволеності студента від проходження курсу; врахування цього і попереднього факторів наближає модель до навчання з підкріпленням та до марковських моделей прийняття рішень [5, 6];

- наведена модель повинна надавати перевагу “інтегрованим” курсам, вивчення яких не вимагає попереднього вивчення інших курсів, а натомість ці курси включають певні елементи з них; в залежності від ситуації це може бути як добре, так і погано;

- очевидно є доцільність комбінування описаної методики з часом можливого перебування в окремих вузлах, що змістовно відповідає часові, який потрібний для вивчення курсу [3];

- крім аналізу на рівні цілісних курсів, можна проводити аналіз мір важливостей окремих модулів та понять як вузлів тематичної онтології; ця обставина може мати значення при динамічному формуванні самих курсів.

Описана методика може бути застосована не тільки для локальних університетських локальних систем, а й для масових відкритих онлайн-курсів (МООС), суттєвою проблемою для яких може виявитися дублювання навчальних курсів та навчальних матеріалів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Горборуков В.В. Сервіс автоматизованого запису на вибіркові навчальні дисципліни в НаУКМА та можливі напрямки його інтелектуалізації// Горборуков В.В., Олецький О.В. - Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. Т.190. – К., 2016.– С.52-56.
2. Маннинг К.Д. Введение в информационный поиск. – Маннинг К.Д., Рагхаван П., Шютце Х. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 528 с.
3. Олецький О.В. Моделювання часу перебування у вузлах тематичного порталу на основі процесів випадкового блукання на множині складених станів // Олецький О.В. Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем. Матеріали міжнародної конференції TAAPSD'2015. Київ, 23 – 26 листопада 2015 р. – С.145-149
4. Олецький О.В. Про підхід до автоматичного формування рекомендацій для відвідувачів веб-порталу на основі теорії нечітких множин // Олецький О.В - Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – К., 2015. – С.37-40
5. Олецький О.В. Про застосування марковських процесів прийняття рішень для автоматизованого добору навчальних матеріалів у системах blended learning. //Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. – К., 2013. – С.115-118
6. Олецький О.В. Про деякі підходи до моделювання поведінки відвідувачів тематичного порталу на основі марковських процесів прийняття рішень. // Теоретичні та прикладні аспекти побудови програмних систем. Матеріали міжнародної конференції TAAPSD'2013. Ялта, 25 травня – 2 червня 2013 р. – С.100-104

### ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Пасічник В.В. \*, Кунанець Н.Е. \*\*, Артеменко О.І. \*\*\*

\*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, vrasichnyk@gmail.com,

\*\*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, nek.lviv@gmail.com

\*\*\*Приватний вищий навчальний заклад «Буковинський університет», м. Чернівці, olga.hapon@gmail.com

Рекомендаційні системи як окремі класи систем підтримки прийняття рішень з'явилися на ринку інформаційних технологій в середині двохтисячних років з розвитком сектору інтернет-торгівлі та надання послуг на основі інтернет-технологій. Розвиток інтелектуальних технологій та поширення гаджетів, зорієнтованих на негайне задоволення різноманітних запитів свого користувача з врахуванням його смаків, обставин та потреб спричинив появу нового виду рекомендаційних систем – мобільних. Основними відмінними рисами таких технологій є:

- *Персоналізація* – гаджет, як правило, належить одному власнику і це дає змогу накопичувати та аналізувати контент та контекстні дані саме цього користувача.

- *Вседоступність* – доступ до мобільного зв'язку або будь-якої вай-фай точки гарантує користувачу працездатність рекомендаційного застосунку. Крім того, багато застосунків здатні паралельно працювати (з меншою кількістю можливостей) в оф-лайн режимі.

- *Актуальність інформації* – сучасні мобільні та GPS-технології дають змогу транслювати інформацію «наживо».

Кожен етап процесу генерації рекомендацій передбачає взаємодію користувача та рекомендаційної системи. Результати повинні бути представлені або візуалізовані в зручній та доступній для користувача формі. Якість організації взаємодії користувача з інтелектуальною системою безпосередньо впливає на популярність такого програмного продукту на ринку. Основними методами представлення результатів роботи рекомендаційної системи є [1]:

- *Найкраще значення* – це найпростіший спосіб представити рекомендацію, пропонуючи користувачеві лише одну альтернативу з найкращим показником відповідності вимогам. Якщо користувач відхиляє цю альтернативу (з вказанням причин відмови, чи без), він отримує наступне в рейтингу значення. Такий метод найбільш підходящий для контекстно-орієнтованих рекомендаційних систем.

- *Декілька найкращих значень*. Система надає перелік кількох альтернатив, що мають найвищі рейтинги відповідності. Іноді, користувачу дозволено самому визначати кількість пропонованих значень та / або нижній поріг відсікання альтернатив за рейтинговими показниками.

- *Альтернативи, аналогічні до найкращої*. Якщо існує історія вибору користувачем певної альтернативи, то в наступні сеанси роботи рекомендаційна система може одразу запропонувати аналогічні елементи (без повторного оцінювання рейтингів). За таким принципом працюють контентно-орієнтовані рекомендаційні системи, рекомендаційні модулі багатьох популярних інтернет-магазинів, інформаційних порталів тощо.

- *Всі альтернативи* на основі прогнозованих або узагальнених рейтингових оцінок. Рекомендаційна система передає користувачу функцію здійснення вибору, шляхом візуалізації всіх доступних альтернатив. При цьому кожна альтернатива супроводжується показниками прогнозних оцінок за шкалою єдиною (наприклад, від 0 до 5). Такий спосіб є ефективним для вузькоспеціалізованих рекомендаційних систем закритого типу, де кількість альтернатив відносно невелика, а самі альтернативи є «фіксованими», тобто оновлення переліку альтернатив не відбувається (або виконується дуже рідко) і значення атрибутів, що характеризують кожну з них є незмінними.

- *Порівняльний огляд*. Рекомендаційна система може надавати структуровану інформацію, яка відображає контраст між альтернативами (як правило в графічній формі). Перевага цього методу в тому, що користувач може бачити як відбувається порівняння альтернатив і які інші елементи є доступними, якщо поточна рекомендація не повністю відповідає їх вимогам.

Кожен з наведених вище методів подачі результатів роботи рекомендаційної системи має свої переваги та недоліки і, в свою чергу, прихильників та нелюбителів серед користувачів. Для створення мобільних рекомендаційних систем туристичного спрямування варто використовувати інтегральний підхід: можливість представлення результатів роботи в кількох форматах та вибору користувачем зручного саме для нього.

#### ЛІТЕРАТУРА:

- 1) Ricci F. Recommender Systems Handbook: Second Edition / Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira – Springer Science+Business Media New York, 2015. – 1003 p. – ISBN 978-1-4899-7636-9

### **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА РІШЕНЬ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

**Пашинська Н.М.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
м. Київ, Україна, n\_pashynska@ukr.net*

Нині в Україні зростає рівень природно-техногенних загроз та пожежної небезпеки територій. Зокрема, щорічно виникає значна кількість надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, у структурі яких вагоме місце належить пожежам, у тому числі природного походження. Вони мають різний характер в залежності від умов виникнення пожежі, рослинного та ґрунтового покриву. Тому необхідним етапом оцінки небезпек є вибір факторів, які впливають на можливість виникнення пожежі та проведення їх класифікації за наявними ознаками. До основних груп природних факторів відносяться рельєф, рослинний покрив та кліматичні ресурси, які разом визначають особливості ландшафтної



структури, та за певної вірогідності можуть сприяти виникненню пожеж [1; 2]. В зв'язку з цим актуальним є завдання оцінки небезпек виникнення природних пожеж на території України.

Для вирішення завдання класифікації численних факторів виникнення пожеж запропоновано використання методу побудови дерева рішень – способу представлення правил в ієрархічній, послідовній структурі, де кожному об'єкту відповідає єдиний вузол, що дає рішення. Модель, представлена у вигляді дерева рішень, є інтуїтивною і спрощує розуміння розв'язуваної задачі. Ця властивість дерев рішень є не тільки важливою при віднесенні до певного класу нового об'єкта, але і корисною при інтерпретації моделі класифікації в цілому. Дерево рішень дозволяє зрозуміти і пояснити, чому конкретний об'єкт відноситься до того чи іншого класу.

Дерева рішень дозволяють створювати класифікаційні моделі в тих областях, де аналітику досить складно формалізувати знання. Алгоритм конструювання дерева рішень не вимагає від користувача вибору вхідних атрибутів (незалежних змінних). На вхід алгоритму можна подавати всі існуючі атрибути, алгоритм сам вибере найбільш значущі серед них, і тільки вони будуть використані для побудови дерева. Точність моделей, створених за допомогою дерев рішень, є порівнянною з іншими методами побудови класифікаційних моделей (статистичні методи, нейронні мережі). Нині розроблено ряд масштабованих алгоритмів, які можуть бути використані для побудови дерев рішень на надвеликих базах даних. Для автоматичної побудови дерев рішень за допомогою навчання на прикладах розроблено ряд алгоритмів. Серед яких CART, C4.5, NewId, ITrule, CHAID, CN2 та інші.

Алгоритм CART (Classification And Regression Trees) призначений для побудови бінарного дерева рішень. Бінарні дерева також називають двійковими, оскільки кожен вузол дерева при розбитті має тільки два нащадки. Цей алгоритм вирішує задачі класифікації та регресії.

Алгоритм ID3 (Iterative Dichotomizer) використовується для обробки природної мови доменів. ID3 складно використовувати для обробки неперервних даних. Якщо значення будь-якого атрибуту є неперервними, то існує багато можливостей ділити дані на цей атрибут. Алгоритм ID3 працює рекурсивно, розбиваючи за обраною ознакою в кожному вузлі безліч даних на підмножини, виходячи з кореня дерева, в якому містяться всі дані.

Алгоритм ID3 починається з оригінального набору даних в якості кореневого вузла. На кожній ітерації алгоритму проходить визначення невикористовуваних атрибутів множини і обчислюється ентропія цього атрибута. Потім вибирається атрибут, який має найменшу ентропію (або найбільший приріст інформації) значення. Далі набір ділиться на обраний атрибут для отримання підмножини даних. Якщо всі елементи в підмножині належать до одного класу, ця підмножина далі не обробляється. Такий вузол в дереві рішень стає термінальним вузлом. Робота ID3 алгоритму закінчується, якщо кожна підмножина класифікується. Цей алгоритм зазвичай продукує невеликі дерева, але це не завжди дає найменше з можливих дерев. Одним з недоліків алгоритму ID3 є те, що він некоректно працює з атрибутами, що мають унікальні значення для всіх об'єктів з навчальної вибірки. Для таких об'єктів інформаційна ентропія дорівнює нулю і ніяких нових даних від побудованого дерева за даною залежною змінною не вдасться отримати. Оскільки отримані після розбиття підмножини буду містити по одному об'єкту. Алгоритм C4.5 вирішує цю проблему шляхом введення нормалізації.

Алгоритм C4.5, що базується на алгоритмі ID3, додає функцію трансляції дерева рішень в еквівалентні правила і рішення відносно значення завдання дослідження. C4.5 адаптує метод ентропії інформації і вибирає атрибут максимальної швидкості вилучення інформації та відповідно пороговий сегмент, як кращий атрибут тестування і порогове значення сегмента.

Алгоритм C4.5 моделює дерево рішень з необмеженою кількістю гілок у вузлі. Даний алгоритм може працювати тільки з дискретним залежним атрибутом і тому може вирішувати тільки задачі класифікації. C4.5 вважається одним з найбільш відомих і використовуваних алгоритмів побудови дерев класифікації [3].

Продуктування дерева рішень:

1. Розрахунок інформаційної ентропії в класифікації.

Припустимо, що  $S$  буде числом прикладів в навчальних наборах, де є  $m$  класифікацій зразків  $C_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ).  $S_i$  є числом зразків в класифікації  $C_i$ . Формула обчислення має наступний вигляд:

$$I(S_1, S_2, \dots, S_m) = \sum_{i=1}^m p_i \log_2(p_i), \quad (1)$$

де  $p_i = S_i / S$  є ймовірністю довільного прикладу, що належить  $C_i$ .

2. Обчислення інформаційної ентропії кожного атрибута.

Нехай атрибут  $X$  володіє  $v$  значеннями  $\{x_1, x_2, \dots, x_v\}$ , яка поділяє  $S$  на  $v$  підмножин  $\{s_1, s_2, \dots, s_v\}$   $S_j$  включає в себе ті приклади з  $S$ , які приймають значення  $x_j$  для атрибута  $X$  ( $j = 1, 2, \dots, v$ ). Очікувана ентропія (умова ентропії) використання атрибута  $X$ , як атрибута класифікації:

$$E(X) = \sum_{j=1}^v \frac{S_{1j} + \dots + S_{mj}}{S} I(s_{1j}, \dots, s_{mj}), \quad (2)$$

де  $s_{ij}$  – це кількість прикладів, які відносяться до класифікації  $C_i$  в підмножині  $s_j$ , і  $I(s_{1j}, s_{2j}, \dots, s_{mj}) = \sum_{i=1}^m p_{ij} \log_2(p_{ij})$ , в якій  $p_{ij} = \frac{S_{ij}}{S_j}$  – це ймовірність кожного прикладу в  $s_j$ , що належать до  $C_i$ .

3. Розрахунок коефіцієнта підсилення інформації та підсилення інформації відносно атрибута. Інформаційна функція підсилення атрибутів  $X$ :

$$Gain(X) = I(S_1, S_2, \dots, S_m) - E(X). \quad (3)$$

Функція інформаційного підсилення має тенденцію виробляти велике значення для тестового значення, яке, ймовірно, виробляє мультигілки. Однак тест на продукування мультигілок не означає, що отримано кращий прогностичний результат для цих невідомих об'єктів. Функція швидкості підсилення інформації може заповнити брак інформаційного підсилення. Швидкість передачі інформації підсилення - це поліпшення отримання інформації, яке може усунути вплив атрибута продукування мультигілки. Функція інформаційного підсилення розглядає не тільки число вузлів, але також і розмір кожного вузла (кількість прикладів) для кожного сегменту. Вона розглядає не тільки кількість інформації, яка включена в класифікацію, а й кожен сегмент. Інформація приросту атрибутів  $X$ :

$$A(X) = \frac{Gain(X)}{I(S_1, S_2, \dots, S_v)}, \quad (4)$$

де  $v$  - число гілок вузла і  $S_i$  - кількість записів для  $i$ -й гілки.

4. Створення дерева рішень.

В свою чергу обчислюється інформаційне підсилення  $Gain(X)$  та швидкість підсилення інформації  $A(X)$  кожного атрибута і вибирається в якості тесту той атрибут, який володіє найбільшою мірою підсилення інформації, а також значення коефіцієнта підсилення інформації, яке не нижче, ніж у середньому для всіх атрибутів. Тест атрибута приймається як вузол і кожний розподіл атрибута, як гілка сегменту прикладів. Якщо всі приклади вузла належать одному і тому ж класу, то вузол є листом, який відрізняється своєю класифікацією. Було б добре сформулювати початкове рішення про дерево методом рекурсії, коли всі приклади кожної підмножини отримали б те ж саме значення головного атрибута або такого атрибута для використання, якого немає у вибірці [4].

Отримані в процесі класифікації дерева рішень мають важливе значення для планування заходів щодо запобігання природним пожежам. Також вони можуть бути використанні для районування території за рівнем пожежної небезпеки, у просторовому моделюванні поширенні пожеж, математичному моделюванні їх наслідків, подальшого моніторингу та прогнозування природних пожеж.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Cheng T. Applications of spatio-temporal data mining and knowledge for forest fire [Текст] / T. Cheng, J. Wang // In. Proceedings of the ISPRS Technical Commission VII Mid Term Symposium, Enschede, The Netherlands. – 2006. – 148-153.
1. Özbayoğlu A. Murat Estimation of the Burned Area in Forest Fires Using Computational Intelligence Techniques [Текст] / A. Murat Özbayoğlu // Complex Adaptive Systems, Volume 12. – 2012. – p. 282-287.
2. Quinlan J. R. C4.5: Programs for Machine Learning [Текст] / J. R. Quinlan — San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993. — 302 p.
3. Pashynska N. A decision tree in a classification of fire hazard factors [Текст] / N. Pashynska, V. Snytyuk, V. Putrenko, A. Musienko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2016. Vol 5, No 10(83) P. 32-38.

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ  
ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД****Передерій В.І.<sup>1</sup>, Передерій В.В.<sup>2</sup>, Здрок О.В.<sup>1</sup>, Казенко Е.В.<sup>1</sup>**<sup>1</sup>*Херсонський національний технічний університет  
viperkms1@gmail.com, lena\_yavorskaya@mail.ru*<sup>2</sup>*Херсонське центральне регіональне відділення ПАТ "МЕГАБАНК"  
vuperederyvv@gmail.com*

У даній роботі пропонується інформаційна технологія побудови адаптивної розподіленої бази даних (АРБД), розрахована на непрофесійного користувача в ергатичних системах підтримки прийняття рішень.

**Постановка задачі.** Запропонована структура (АРБД) містить модулі зберігання рішень, прийому та передачі інформації на інтерфейс особи, що приймає рішення (ОПР), формування та вибірки даних з БД, визначення релевантності знайдених в БД рішень, формування альтернатив з використанням бази знань (БЗ), реалізації зв'язку з системою пошуку в WEB та опрацювання повернутих результатів.

**Викладання основного матеріалу.** Будь-яка система підтримки прийняття рішень (СППР) містить підсистему даних, яка складається з двох основних частин: бази даних та системи управління базою даних (СУБД). Притаманні технології СППР акцентуються на: обробку неструктурованих і слабо структурованих завдань обумовлює деякі специфічні вимоги до цих елементів комп'ютерної системи. Насамперед, мова йде про необхідність виконувати значний обсяг операцій з пере структуриванням даних. Потрібно передбачити можливість завантаження і подальшої обробки даних із зовнішніх джерел; функціонування СУБД у середовищі СППР на відміну від звичайної технології обробки інформації в управлінських інформаційних системах потребує ширшого ряду функцій. Це стосується також і бази даних.

РБД формує окремі частини, які сегментують збережену інформацію і переміщують окремі її блоки ближче до потрібних клієнтів, де можна помістити таблиці на різних комп'ютерах або використовувати кілька ідентичних сховищ. У даному випадку сервери взаємодіють один з одним для підтримки синхронізації. Якщо на одному з серверів відбувається оновлення даних, воно поширюється і на всі інші сервери.

Для поліпшення інформаційної Безпеки(ІБ) пропонується спеціальний засіб, заснований на використанні методів оцінки та запобігання різних родів атак, як з боку користувачів, так і з боку адміністраторів або зловмисників. Також враховуються фактори впливу на системи такі як: відмова апаратного забезпечення або облік доступності даних.

АРБД не тільки зберігає в БД інформацію у вигляді альтернатив, вона проводить облік прямих і непрямих даних, які будь-яким чином впливають на процес роботи СППР та прийняття правильного рішення. Повна структура інформаційної моделі показано на рисунку 1.

Аналізуючи послідовність надходження і обробки інформації для моделювання ситуацій, у певних станах, яка містить невизначеність, доцільно використати математичний апарат Баєсові мережі довіри (БМД).. [2].

Для БМД іноді використовується ще одна назва причинно-наслідкова мережа, в якій випадкові події пов'язані причинно-наслідковими зв'язками.

Поетапна побудова мережі Байєса в порядку як проходить інформація в системі, представлено на рисунку 2.

Вузол з ідентифікатором 12 - це вузол розрахунку ймовірності призначення прав доступу (привілейовані). Призначення прав (привілейованість) - процес визначення прав (дозволу) доступу до РБД або СУБД. Привілейованість побудовано за ієрархічною структурою. Призначення прав в СУБД має дуже гнучкий сценарій, що дозволяє максимально покращити безпеку БД.

Вузол з ідентифікатором 9 - це ймовірність впливу дій співробітників, що працюють в СППР. Ненавмисні дії співробітника - це дії, в результаті яких відбувається поломка технічних засобів або зміна параметрів, алгоритмів функціонування системи. Умисні дії співробітника - це дії спрямовані на отримання несанкціонованого доступу до інформації або порушення режиму роботи системи, які стають можливі при недостатній реалізації системи організаційного контролю за діями персоналу.

Для обліку працездатності апаратного забезпечення системи в граф доданий вузол з ідентифікатором №7. Цей вузол описує ймовірність впливу на нормовану роботу системи з урахуванням виходу з ладу апаратного забезпечення. Відмови апаратного забезпечення - це збої обладнання, фізичні впливи на систему або електричний вплив на цілісність обладнання. Вузол № 6. надає ймовірність стану системи, оцінюючи ступінь зовнішнього впливу і впливає на вузли, що надають Технологічний процес (X), Когнітивні характеристики ОПР (Y) і Фактори зовнішнього впливу на ОПР (Z).

Кількість вузлів динамічна і має можливість розширення та адаптації підсистеми різних структур призначення.

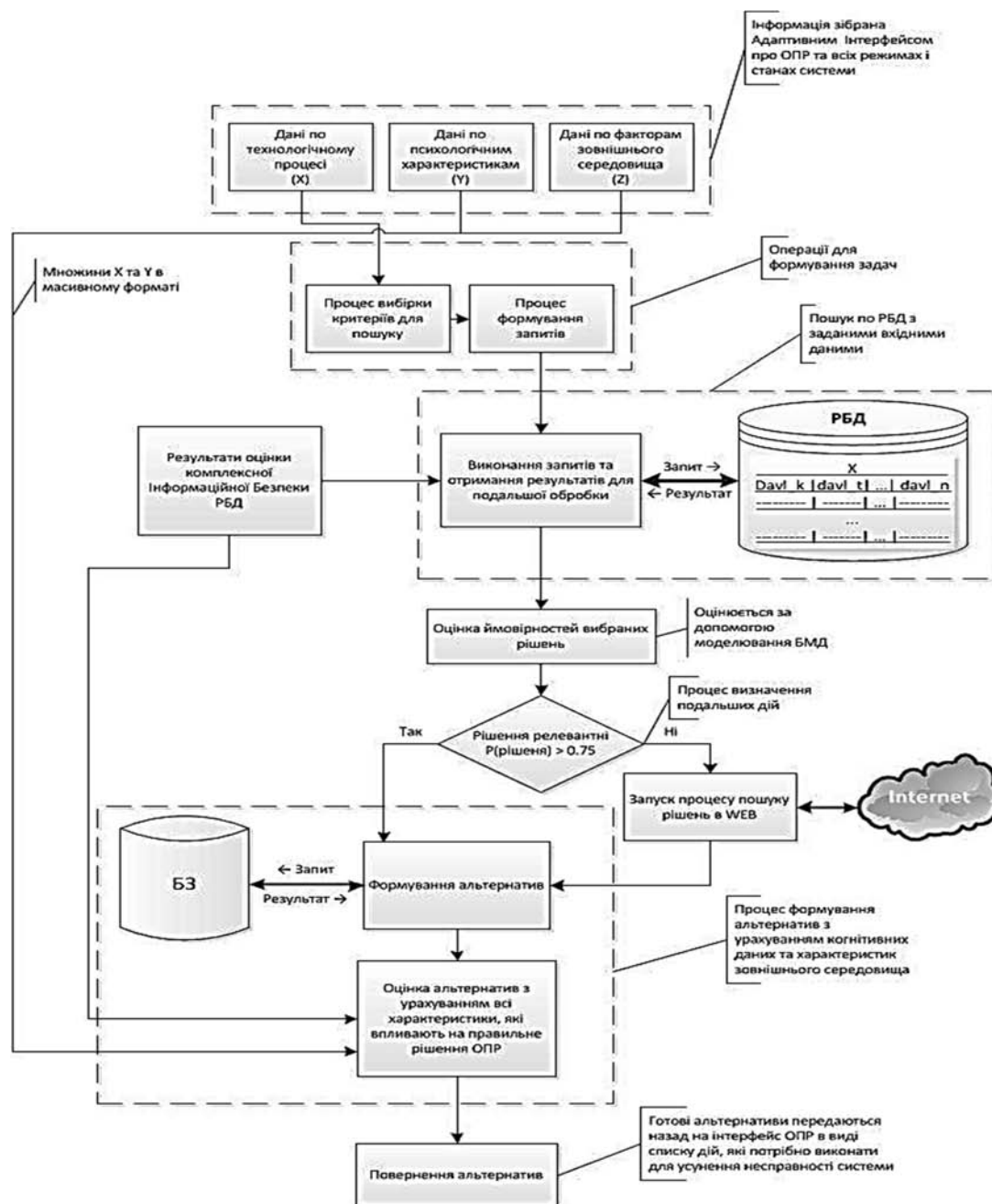


Рисунок 1- Інформаційна структура АРБД.

**Висновки.** У даній роботі представлена інформаційна технологія побудови адаптивної розподіленої бази даних (АРБД) яка розрахована на непрофесійного користувача в ергатичних системах підтримки прийняття рішень.

Запропонована структура (АРБД) містить модулі зберігання рішень, прийому та передачі інформації на інтерфейс особи, що приймає рішення (ОПР), формування та вибірки даних з БД, визначення релевантності знайдених в БД рішень, формування альтернатив з використанням бази знань (БЗ), реалізації зв'язку з системою пошуку в WEB та опрацювання повернутих результатів. Запропонований спосіб аналізу послідовності надходження і обробки інформації для моделювання ситуацій, у певних станах, яка містить невизначеність, за допомогою математичного апарату Байєсових мереж довіри.

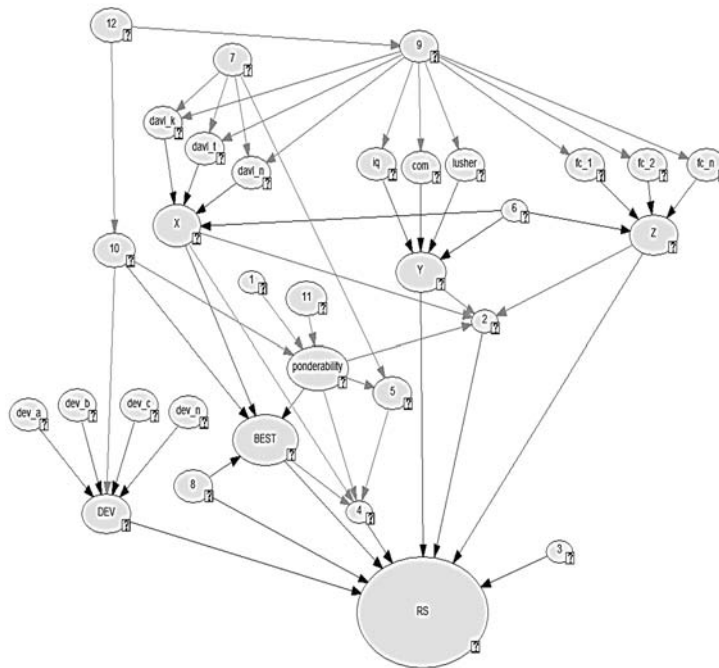


Рисунок 2 - Повна модель граф схеми мережі Байеса.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Chau M. Spidering and Filtering Web Pages for Vertical Search Engines / Proceedings of The Americas Conference on Information Systems.- AMCIS 2002 Doctoral Consortium, Dallas, TX, USA, 2002.
2. <http://goo.gl/67nGzA>
3. Balaram Das. Representing uncertainties using Bayesian Networks. DSTO-TR-0918. DSTO Electronics and Surveillance Research Laboratory, Australia 2000.
4. <http://ref.rushkolnik.ru/v1552/>
5. <http://goo.gl/sswqDK>
6. <http://goo.gl/KXa8XX>
7. <http://goo.gl/3OGHaC>
8. <http://www.php.net/manual/ru/intro.pdo.php>.

## ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ

Савченко Е.А., Тугова Е.В., Сьоміна Л.П.

*Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем  
НАН та МОН України, м. Київ, пр. Академіка Глушкова, 40, Україна  
savchenko@irtc.org.ua, sir\_ludovick@yahoo.com*

**Вступ.** Актуальність дослідження якісних перетворень людського капіталу визначається зростаючою значимістю людського фактора в процесах розвитку соціально-економічних систем на інноваційній основі, які характеризуються динамічним оновленням технологій виробництва та управління, підвищенням ролі інформаційного забезпечення в усіх сферах життєдіяльності. Визначення та обґрунтування ключових напрямів модернізації людського капіталу в умовах подальшої інформатизації економіки має базуватися на фундаментальних і прикладних положеннях і принципах сучасної економічної теорії, з використанням методів економіко-математичного моделювання та соціально-економічного прогнозування.

Цифрову економіку можна представити як ту частину економічних відносин, яка функціонує за допомогою Інтернету, мобільного зв'язку, інформаційно-комп'ютерними технологіями. Сучасні інформаційно-комп'ютерні технології зміцнюють зв'язки між банками, урядами і населенням, прибираючи довгі ланцюжки посередників, прискорюючи тим самим проведення різних угод і операцій.

Цифрова революція пов'язує між собою людей з різних країн і соціальних верств суспільства. Трудова діяльність сприяє цьому процесу, формуючи людський потенціал [1-3].

**Постановка проблеми.** Розвиток цифрової економіки визначає актуальність проведення дослідження спрямованого на виявлення окремих напрямків модернізації людського капіталу в інноваційних соціально-економічних системах.

Метою даної роботи є дослідження зв'язку між якістю людського капіталу, інноваціями і економічним зростанням з урахуванням особливостей економічної системи певної країни. Основна мета цього дослідження полягає в підготовці пропозицій щодо модернізації людського капіталу на підставі аналізу динаміки його розвитку в умовах функціонування інноваційних соціально-економічних систем, а також інституційних умов його формування та трансформації.

Досягнення поставленої мети передбачає виконання ряду завдань:

- вибрати показники, які характеризують розвиток цифрової економіки країни;
- проаналізувавши ці показники, вибрати країни, де цифрова економіка розвивається найшвидшими темпами;
- визначити для цих країн ті показники, що характеризують соціальну сферу, і мають найтісніший зв'язок з часткою праці або заробітної плати у національному доході країни;
- побудувати моделі залежності частки праці або заробітної плати у національному доході країни від соціально-економічних показників в умовах цифрової економіки та інформатизації суспільства;
- людського потенціалу від показників, що характеризують розвиток цифрової економіки країни, проаналізувати результати моделювання;
- підготувати пропозиції і рекомендації для поліпшення процесу прийняття рішень, що сприятимуть нарощуванню людського потенціалу, його якісному поліпшенню як основи забезпечення сталого розвитку соціально-економічної системи цифрової економіки.

**Методи дослідження.** Для дослідження використовуються наступні методи. Для відсіювання або відбору показників використовується кореляційно-регресійний аналіз, як це було зроблено в роботах [4-6].

Побудова моделей відбувається за допомогою індуктивного підходу, який зарекомендував себе як метод автоматичної побудови моделей за вибіркою експериментальних даних. Цей метод має достатній досвід застосування для побудови моделей у зовсім різних галузях [7]. Найбільш відомим з алгоритмів МГУА є комбінаторний алгоритм МГУА, його і буде використано для побудови моделей залежностей економічних показників [4-6].

**Дані.** До показників, які характеризують розвиток цифрової економіки, можна віднести:

- рівень витрат компаній, зареєстрованих у певній країні, на дослідження та інноваційний розвиток;
- використання інформаційних та комунікаційних технологій в цілях розширення і поглиблення політичної участі громадян у прийнятті рішень («електронна участь» або електронний уряд);
- кількість робочих місць у наукоємних галузях виробництва;
- доходи, отримані від інтелектуальної власності;
- кількість патентних заявок, поданих до патентних відомств країни;
- витрати на комп'ютерне програмне забезпечення, а саме загальна вартість покупки або оренди програмного забезпечення, такого як операційні системи, системи управління базами даних, програми, утиліти і додатки.

Частка праці або заробітної плати у національному доході країни була обрана як показник для дослідження, тому що національний дохід суспільства виступає одним з найважливіших показників функціонування економіки як єдиного цілого. Поряд із сукупним суспільним продуктом та валовим національним продуктом він відіграє важливу роль у макроекономічному аналізі. Це пов'язано з тим, що саме у національному доході відбиваються найважливіші соціально-економічні явища, суперечності та процеси, пов'язані з рухом суспільного багатства, а також результати та структура суспільного відтворення за певний час.

Національний дохід (НД) – важливий показник результативності суспільного відтворення. Виробництво національного доходу на душу населення найбільш реально визначає рівень його добробуту. НД виступає як сукупний дохід власників усіх факторів виробництва: заробітної плати, прибутку, ренти, процента, і засвідчує ступінь участі кожної категорії власників у національному виробництві, їхню частку. В економіці, заробітна плата або частка праці є частиною національного доходу, або доходу конкретного сектора економіки, що виділяється на заробітну плату (робочу силу).

**Висновки.** Даний підхід буде покладений в основу технології підтримки рішень у сфері розвитку людського капіталу в умовах цифрової економіки та інформатизації суспільства.

Результати проведеного дослідження можуть бути використані органами державного регулювання в процесі розробки векторів, напрямків і заходів соціальної та інноваційної політики, а також для

організації подальших досліджень фундаментальних і прикладних проблем людського капіталу та інноваційних соціально-економічних систем.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Шинкарюк О. В. Глобальные и национальные оценки инноваций и развития человеческого капитала / О. В. Шинкарюк, В. Ф. Столяров, В. И. Островецкий // Вісник економічної науки України. - 2016. - № 1. - С. 171-182.
2. Доклад о человеческом развитии 2015. Труд во имя человеческого развития / [Електронний ресурс] - [http://www.un-ilibrary.org/economic-and-social-development/2015\\_a38c8a2e-ru](http://www.un-ilibrary.org/economic-and-social-development/2015_a38c8a2e-ru).
3. Доклад о мировом развитии 2016 «Цифровые дивиденды» / Международный банк реконструкции и развития / Всемирный банк / [Електронний ресурс] - <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/23347/210671RuSum.pdf>.
4. Savchenko Ie., Tutova O. Use of GMDH for investigation of impact of non-income components on HDI // Індуктивне моделювання складних систем. – 2012.–Вип. 4. – С.28-37.
5. Tutova O., Savchenko Ie. Modeling of Impact of Macroeconomic Indicators on the Growth of National Income // Proceedings of 4th International Conference in Inductive Modelling ICIM 2013. – Kyiv: IRTC, 2013. – P. 315-319.
6. Тутова О.В., Савченко Є.А. Вплив демографічних і соціальних показників на валовий регіональний продукт в областях України // Індуктивне моделювання складних систем. – 2015. – Вип. 7. – С. 271-281.
7. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. Киев: Наук. думка, 1985. – 215 с.

## РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ В ДЕКАРТОВОМУ ДЕРЕВІ

Селезньов А.І.<sup>1</sup>, Марголін О.Г.<sup>2</sup>, Калашнікова А.А.<sup>3</sup>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 83000, Київ, Глушкова 4д

<sup>1</sup>e-mail: [anatoliy.seleznyov@gmail.com](mailto:anatoliy.seleznyov@gmail.com),<sup>2</sup>e-mail: [ag.margolin@gmail.com](mailto:ag.margolin@gmail.com),<sup>3</sup>e-mail: [alisakalash@yahoo.com](mailto:alisakalash@yahoo.com).

У статті запропоновано методи реалізації персистентного декартова дерева методами «копіювання шляху» та «жирного вузла». Надається аналіз ефективності запропонованих реалізацій. Результатом статті є побудова ефективної реалізації персистентного декартова дерева та порівняння ефективності загальних методів перетворення структур даних на персистентні при застосуванні до декартова дерева.

## Вступ

В статті розглядається побудова ефективної реалізації персистентності в декартовому дереві. Ця структура даних є одним з «найпотужніших» за кількістю операцій збалансованих дерев. Окрім швидкого пошуку елемента, підрахунку статистики та інших функцій на відрізьку декартові дерева підтримують злиття та розщеплення, множинні операції на відрізьку, переверот, циклічний зсув, за таку саму асимптотичну складність  $O(\log N)$ . Додання персистентності до цієї структури даних ще більше розширює можливості її використання для розв'язання алгоритмічних задач в обчислювальній геометрії, побудови систем контролю версій та інших.

У роботі пропонується реалізація персистентності в декартових деревах методами «жирного вузла» та «копіювання» шляху. У висновку надається порівняльний аналіз отриманих реалізацій, їх переваги та недоліки.

## Реалізація персистентності в декартовому дереві методом «Копіювання шляху»

Метод копіювання шляху, на відміну від тривіального повного копіювання всієї структури, дозволяє копіювати лише ті вузли, що були модифіковані. Такий підхід забезпечує економне використання пам'яті: кожна операція додавання створює не більш ніж  $O(\log N)$  нових вершин, оскільки декартове дерево є збалансованим. Уповільнення за часом немає, що є перевагою даного методу.

При реалізації цього метода для декартового дерева операції злиття та розділення дерев були модифіковані таким чином, щоб кожна з них утворювала нові копії вершин замість модифікації значень в старих. Модифікація цих методів автоматично забезпечує персистентність всіх операцій. Також метод копіювання шляху був застосований для двох типів декартових дерев – за явним ключем та за неявним ключем. Останнє відкриває значні можливості: реалізація персистентного масиву з ефективним пошуком, з підтримкою циклічного зсуву, розрізання за позицією, операцій на відрізьку персистентно і так само ефективно – з часовою складністю  $O(\log N)$ .

### Реалізація персистентності в декартовому дереві методом «Жирного вузла»

Метод «жирного вузла» є загальним методом перетворення будь-якої основаної на вказівниках структури в персистентну і був досліджений в роботі [2]. Ідея методу полягає у тому щоб зберігати всі значення кожного поля.

Для перетворення декартова дерева на персистентне спочатку була реалізована часткова персистентність, коли модифікація можлива лише для останньої версії структури, і граф версій утворює список. Нехай було зроблено  $V$  модифікацій:  $1, \dots, V$ . Запит на дані в версії структури  $v$  починається зі знаходження вказівника  $v'$ , такого що  $v' = \max_{i \in V} \{i | i \leq v\}$ . Для переходу до повної персистентності, коли граф версій утворює дерево, пошук потрібної версії проводився в його preorder-обході. Для ефективної реалізації цього пошуку була застосована структура що розв'язує задачу “list order maintainance” [4]. Таким чином, амортизований час на пошук потрібної версії стає  $O(1)$ .

Всі вершини декартова дерева були перетворені на «жирні вузли», в яких кожне поле було представлено множиною значень. Множини значень в свою чергу були представлені збалансованими деревами – звичайними декартовими деревами, для того щоб виконувати ефективний пошук.

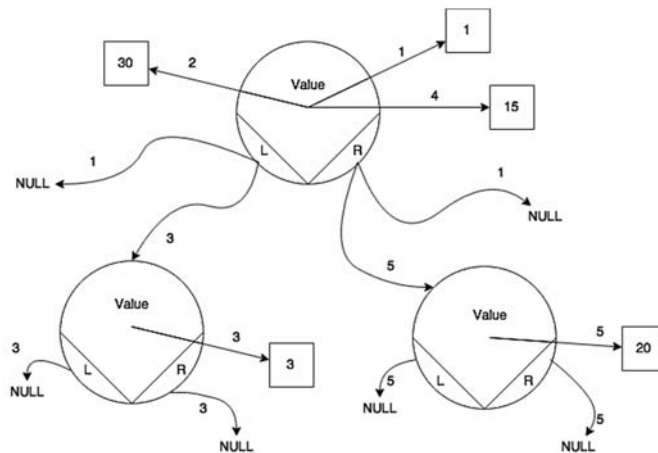


Рис. 1. Схема реалізації жирного вузла для декартова дерева. Круглі фігури позначають жирні вузли з полем-значення і двома вказівниками L, R. Номера над стрілками означають версії.

Для отриманих реалізацій був проведений аналіз ефективності запитів модифікації та споживання пам'яті на однакових тестових даних.

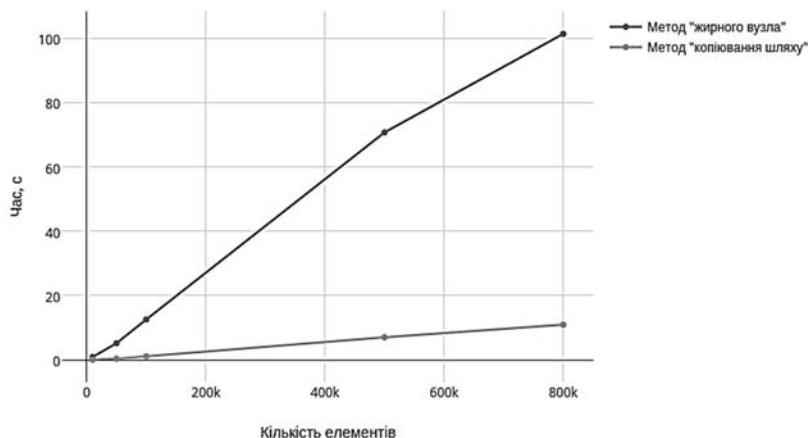


Рис. 2.1. Графік часу виконання однієї операції модифікації

### Висновки

Було розроблено персистентні варіанти декартова дерева як по явному ключу, так і по неявному. Остання модифікація дозволяє використовувати декартове дерево в якості персистентного, що в свою чергу дозволяє зробити будь-яку структуру даних персистентною на його основі. Був проведений аналіз отриманих реалізацій, з якого випливає, що для декартова дерева краще застосовувати метод «копіювання шляху», так як він є більш ефективним за часом, і в той же час майже не уступає по використанню



додаткової пам'яті методу «жирного вузла», що витікає зі специфіки операцій декартова дерева, адже будь-яка операція модифікації структури вимагає модифікації багатьох вузлів.

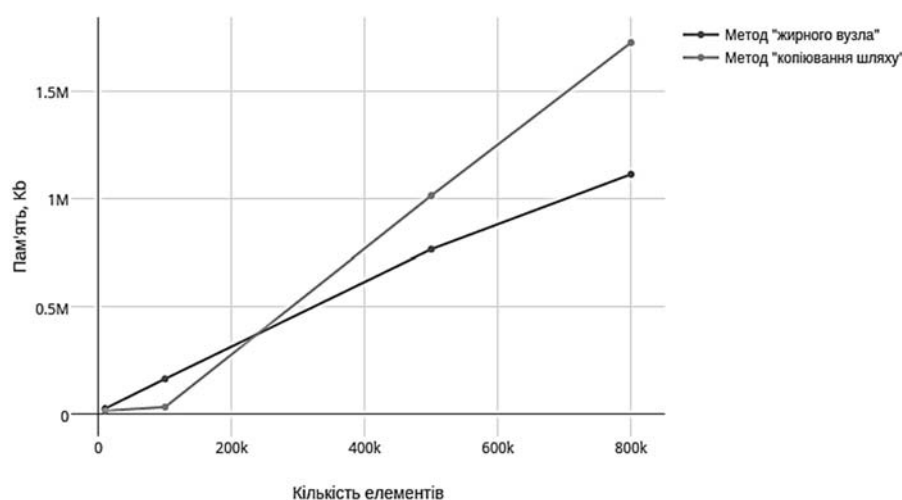


Рис. 2.2. Графік споживання пам'яті в залежності від кількості елементів в дереві

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Кормен Алгоритмы: построение и анализ / Кормен, Томас Х., Лейзерсон, Чарльз И., Ривест, Рональд Л., Штайн К. // 2-е издание. Пер. с англ. — М.:Издательский дом "Вильямс", 2010. — 1296 с.
2. Driscoll J. Making Data Structures Persistent / Driscoll J.R., Sarnak N., Sleator D., Tarjan R.E. // Journal of Computer and System Sciences, — Vol. 38, No. 1— February 1989.
3. Demaine E. On Cartesian trees and range minimum queries / Erik D. Demaine, Gad M. Landau, Oren Weimann // MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, Cambridge, MA, USA.
4. Dietz P. Two algorithms for maintaining order in a list / P. F. Dietz, D. D. Sleator // 19th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, pages 365–372. Springer, 1987.
5. Седжвік Р. Фундаментальные алгоритмы на C++. Части 1–4 / Седжвік Р. // М: Диасофт, 2001 – 687 с.
6. Fiat A. Making Data Structures Confluently Persistent / Amos Fiat, Haim Kaplan
7. Devroye L. On Random Cartesian Trees / Luc Devroye / Random Structures and Algorithms, - McGill University, 1994.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ НЕОДНОРІДНИХ КЛАСІВ НЕЧІТКИХ ОБ'ЄКТІВ

Терлецький Д.О.

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
факультет комп'ютерних наук та кібернетики, кафедра інформаційних систем  
03680 м. Київ, просп. Академіка Глушкова 4д,  
dmytro.terletskyi@gmail.com*

**Вступ.** Розробка ефективних моделей представлення знань (МПЗ) є однією з ключових задач в області проектування та розробки інтелектуальних інформаційних систем (ІС) на основі знань. У більшості випадків, створення такого роду систем зводиться до реалізації обраної МПЗ за допомогою певної парадигми програмування. На сьогодні найпопулярнішою парадигмою програмування є об'єктно-орієнтоване програмування (ООП), яке дозволяє в певному сенсі поєднати об'єктно-орієнтовану МПЗ та мову її реалізації в рамках об'єктно-орієнтованих мов програмування. Одним із ключових понять ООП є поняття класу, яке визначає деякий абстрактний прототип для створення конкретних об'єктів певного типу. Однак класична концепція класу в ООП має ряд недоліків, які впливають на ефективність представлення знань [1], у зв'язку з чим її узагальнення та розширення є актуальною задачею.

**Однорідні нечіткі класи об'єктів.** Класична концепція класу в ООП дозволяє створювати об'єкти, які мають специфікацію, аналогічну до специфікації їхнього класу, та застосовувати до них лише методи, які визначені в його сигнатурі. Таким чином, за допомогою одного об'єктно-орієнтованого класу не можливо створити об'єкти різних типів, оскільки в рамках ООП класи визначають лише однотипні об'єкти [1]. Також концепція класу в ООП не передбачає представлення нечітких (розмитих) знань, що значно звужує та ускладнює її практичне використання для розробки ІС на основі знань. У зв'язку з чим в [2, 3]

була запропонована концепція нечітких об'єктів та класів, яка узагальнює класичне поняття класу в ООП за рахунок визначення міри належності об'єктів до нечіткого класу об'єктів. Однак такі класи, аналогічно до класів в рамках ООП, є однорідними і дозволяють визначати лише однотипні нечіткі об'єкти.

**Неоднорідні нечіткі класи об'єктів.** Існують нечіткі об'єкти, що належать до різних класів, але при цьому мають спільні властивості та методи. У таких випадках, згідно з класичною концепцією класу в ООП, потрібно визначати окремий клас для кожного нового типу нечітких об'єктів або використовувати механізм наслідування. Однак, якщо кількість таких класів буде великою, то процес їх визначення може стати набагато тривалішим, при цьому відбудеться зростання обсягів програмних кодів і, як результат, складність їх верифікації, що може негативним чином вплинути на швидкодію таких програм. Використання механізму наслідування може породжувати проблеми винятків, надлишковості та неоднозначності, які зазвичай мають місце при побудові ієрархій класів [5]. Тому, для вирішення цієї проблеми, в [4, 1] була запропонована концепція неоднорідного класу об'єктів (НОК), яка розширює концепцію однорідного класу об'єктів (ОК), оскільки дозволяє визначати в рамках одного класу мінімум два різних типи об'єктів. Пізніше в [5] була запропонована концепція неоднорідного класу нечітких об'єктів (ННК), яка узагальнює концепцію НОК на випадок нечітких (розмитих) знань та дозволяє визначати два і більше нечітких типів в рамках одного класу нечітких об'єктів. Такий підхід дозволяє уникати дублювання еквівалентних властивостей та методів, що в результаті робить представлення та збереження знань в базах даних більш ефективним.

Однорідні класи нечітких об'єктів (ОНК) дозволяють визначити лише один нечіткий тип об'єктів в рамках одного класу нечітких об'єктів, тому у цьому випадку поняття нечіткого класу і типу є еквівалентними. Однак у випадку ННК ці поняття мають різні значення, оскільки неоднорідний клас нечітких об'єктів описує два або більше типів нечітких об'єктів. У зв'язку з цим варто визначити поняття нечіткого типу в рамках ННК.

**Означення 1.** Тип нечітких об'єктів  $t_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  неоднорідного класу нечітких об'єктів  $T_{t_1, \dots, t_n}$  – це однорідний клас нечітких об'єктів виду  $t_i = (Core(T_{t_1, \dots, t_n}), pr_i(A_i))$ , де  $Core(T_{t_1, \dots, t_n})$  – це ядро класу  $T_{t_1, \dots, t_n}$ , а  $pr_i(A_i)$  – його  $i$ -та проекція.

**Багатоядерні неоднорідні класи нечітких об'єктів.** Згідно з означенням НОК [4] та означенням ННК [5], ядро класу містить лише властивості та методи, які є спільними для всіх нечітких типів класу, а проекції класу містять властивості та методи, які є характерними лише для конкретних типів. Проте, можливі ситуації, коли декілька проекцій одночасно можуть містити еквівалентні властивості та методи, які не потрапили до ядра класу, оскільки є характерними не для всіх нечітких типів класу. У такому випадку відбуватиметься дублювання цих властивостей та методів. Для того, щоб запобігти цьому та дещо оптимізувати структуру, в [7] була запропонована концепція ядра рівня  $m$  та концепція багатоядерного неоднорідного класу об'єктів (БНОК). Узагальнимо ці поняття для неоднорідних класів нечітких об'єктів.

**Означення 2.** Ядро рівня  $m$  неоднорідного класу нечітких об'єктів  $T_{t_1, \dots, t_n}$  – це кортеж виду  $Core^m(T_{t_1, \dots, t_n}) = (P(T_{t_1, \dots, t_m}), F(T_{t_1, \dots, t_m}))$ , де  $t_{i_1}, \dots, t_{i_m}$  – це довільні  $m$  нечітких типів з множини нечітких типів  $\{t_1, \dots, t_n\}$ , де  $1 \leq m \leq n$  і  $1 \leq i_1 \leq \dots \leq i_m \leq n$ , а  $P(T_{t_{i_1}, \dots, t_{i_m}})$  та  $F(T_{t_{i_1}, \dots, t_{i_m}})$  – це специфікація та сигнатура ядра неоднорідного класу нечітких об'єктів  $T_{t_1, \dots, t_n}$ , які містять властивості та методи спільні для усіх нечітких об'єктів типів  $t_{i_1}, \dots, t_{i_m}$ .

Оскільки не всі нечіткі типи ННК можуть мати спільні властивості або (та) методи, то ННК, який визначає  $n$  типів об'єктів, може мати  $k$  ядер рівня  $m$ , де  $0 \leq k \leq C_n^m$ . Враховуючи це, визначимо концепцію багатоядерного неоднорідного класу нечітких об'єктів (БННК).

**Означення 3.** Багатоядерний неоднорідний клас нечітких об'єктів  $T_{t_1, \dots, t_n}$  – це кортеж виду

$$T_{t_1, \dots, t_n} = (Core_1^n(T_{t_1, \dots, t_n}), Core_1^{n-1}(T_{t_1, \dots, t_n}), \dots, Core_{k_{n-1}}^{n-1}(T_{t_1, \dots, t_n}), \dots, Core_1^1(T_{t_1, \dots, t_n}), \dots, Core_{k_1}^1(T_{t_1, \dots, t_n}), pr_1(t_1), \dots, pr_n(t_n)),$$

де  $Core_1^n(T_{t_1, \dots, t_n})$  – це ядро рівня  $n$  класу  $T_{t_1, \dots, t_n}$ ,  $Core_{i_{n-1}}^{n-1}(T_{t_1, \dots, t_n})$  – це  $i_{n-1}$  ядро рівня  $n-1$  класу  $T_{t_1, \dots, t_n}$ , де  $i_{n-1} = \overline{1, k_{n-1}}$  і  $k_{n-1} \leq C_n^{n-1}$ ,  $Core_{i_1}^1(T_{t_1, \dots, t_n})$  – це  $i_1$  ядро рівня 1 класу  $T_{t_1, \dots, t_n}$ , де  $i_1 = \overline{1, k_1}$  і  $k_1 \leq C_n^1$ ,  $pr_i(t_i)$  – це  $i$ -та проекція класу  $T_{t_1, \dots, t_n}$ , яка містить властивості та методи характерні лише для нечіткого типу  $t_i$ , де  $i = \overline{1, n}$ .

Аналізуючи запропоновану концепцію, можна бачити, що вона дозволяє уникати дублювання еквівалентних властивостей та методів у специфікація та сигнатурах класів нечітких об'єктів і у певних випадках є ефективнішою, ніж концепція ННК.

**Висновки.** Запропонована концепція БННК дозволяє представляти нечіткі знання в термінах об'єктно-орієнтованого підходу, а також уникати дублювання еквівалентних властивостей і методів у специфікаціях та сигнатурах нечітких класів. Використання БННК є найбільш ефективним у випадках, коли нечіткі типи, які визначаються в рамках неоднорідного класу нечітких об'єктів, мають спільні (еквівалентні) властивості або (та) методи. Однак ця концепція також може бути використана, коли типи неоднорідного класу нечітких об'єктів не мають спільних властивостей так методів. У цьому випадку клас не матиме ядер і складатиметься лише з проєкцій.

Запропонований підхід дозволяє ефективніше представляти нечіткі знання в нечітких об'єктно-орієнтованих базах даних у порівнянні з концепцією нечітких однорідних та нечітких неоднорідних класів об'єктів, а також якісно розширює та узагальнює ці концепції.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. D.O. Terlets'kyi, O.I. Provotar. Mathematical Foundations for Designing and Development of Intelligent Systems of Information Analysis // Problems in Programming. – 2014. – Vol. 15, No. 2-3, – pp. 233–241.
2. Z.M. Ma, W.J. Zhang, W.Y. Ma. Extending object-oriented databases for fuzzy information modeling // Information Systems. – 2003. – Vol. 29, No. 5. – pp. 421-435.
3. F. Zhang, Z.M. Ma. Construction of Fuzzy Ontologies from Fuzzy UML Models // International Journal of Computational Intelligence Systems. – 2013. – Volume 6, Issue 3, – pp. 442-472.
4. D. Terlets'kyi, A. Provotar. Object-Oriented Dynamic Networks. In Computational Models for Business and Engineering Domains, IBS ISC, Vol. 30, G. Setlak and K. Markov Eds. ITHEA. – 2014, – pp. 123-136.
5. D.A. Terlets'kyi, A.I. Provotar. Fuzzy Object-Oriented Dynamic Networks. I // Cybernetics and Systems Analysis, 2015, Volume 51, Issue 1, pp. 34-40.
6. D. Terlets'kyi. Inheritance in Object-Oriented Knowledge Representation. // Information and Software Technologies. Communications in Computer and Information Science, Vol. 538, G. Dregvaite and R. Damasevicius Eds., AG, Switzerland: Springer, 2015, pp. 293-305.
7. Д.О. Терлецький. Узагальнення концепції неоднорідних класів об'єктів // Праці IV Міжнародної науково-практичної конференції Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи) (ComInt-2017), 16-18 травня 2017, Україна, Київ.

#### ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА НЕСТРУКТУРОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТІВ

Удовенко С.Г., Чала Л.Е., Кушвід Є.С.

*Харківський національний університет радіоелектроніки, м.Харків, пр. Науки, 14  
serhii.udovenko@nure.ua, larysa.chala@nure.ua*

В роботі [1] було розглянуто задача класифікації за тематичними рубриками електронних неструктурованих документів. Труднощі практичної реалізації такої класифікації пов'язані з присутністю службових елементів та сторонніх фрагментів текстів, які не мають відношення до основної тематики документу, складність інтерпретації результатів через невизначеність розміщення в тексті релевантних запиту фрагментів тощо.

В доповіді пропонуються модифікована процедура класифікації документів з масиву  $M_0$  та її програмна реалізація, яка ініціюється за запитами користувача, що визначає  $N$  потрібних рубрик. На першому етапі реалізується фільтрація масиву  $M_0$  з метою видалення документів, імовірність віднесення яких до одного з  $N$  класів результуючого масиву  $M_R$  є низькою (псевдоспаму). Ця операція здійснюється з використанням мінімального словника семантичних дескрипторів, що формуються за тематичною орієнтацією рубрик. Для характеристики аналізованих текстів використаємо векторну модель представлення документів  $d$  масиву  $M_0$

$$d = (t_1, t_2, \dots, t_n), \quad (1)$$

де  $t_1, t_2, \dots, t_n$  – дескрипторні терміни текстів;  $n$  – загальна кількість термінів.

Для фільтрації псевдоспаму в загальному алгоритму, що пропонується, застосовано багатофакторну модель Бернуллі та фільтр Лапласа, що дозволяють оцінювати умовні ймовірності для термінів  $t_i$  як частину документів класу  $c$ , які містять термін  $t_i$  по відношенню до всіх документів цього класу. За результатами фільтрації формується редукований масив  $M1$  документів, що відібрано для остаточного класифікаційного аналізу. Класифікація на другому етапі здійснюється за допомогою модифікованого класифікатора Байеса (BM), в якому враховуються зв'язки між дескрипторними термінами. В класифікаторі BM використано процедуру пошуку слів, вірогідність використання яких для характеристики таких зв'язків є високою. Це дозволяє доповнити початкову сукупність дескрипторів трійками дескрипторів «дескриптор1-зв'язка12-дескриптор2», що є найбільш характерними для документів аналізованого класу. Формування сукупності зв'язних дескрипторів здійснюється з використанням модифікованого метода Гінзбурга, етапи якого описано в роботі [2].

Для програмної реалізації класифікатору було застосовано об'єктно-орієнтована мова Java та середовище програмної розробки NetBeans. Розроблений програмний модуль Booker-M дозволяє здійснювати класифікацію великих об'ємів текстової інформації за категоріями користувачів з урахуванням можливості розподіленого зберігання масивів інформації. Модуль складається з наступних блоків: «Оболонка», «Парсер», «Обробник», «Класифікатор».

При тестуванні класифікатору було використано частину електронної бібліотеки «ІТАР» об'ємом 39 Гб та колекцію анотацій авторефератів дисертаційних робіт об'ємом 2,8 Гб.

На різних вибірках бібліотек формувалися набори дескрипторів трьох типів: абрєвіатури, зв'язні дескриптори та загальні ключові слова. Для дослідження можливостей класифікатора було застосовано два методи тестування вибірок, програмно реалізовані в модулі Booker-M: testModel та crossValidation.

В процесі тестування здійснювався аналіз впливу коефіцієнту розмиття Лапласу на точність класифікації. Крім того, досліджувався алгоритм вибору типу дескрипторів в залежності від характеру вибірки для додаткового підвищення якості класифікації. Точність класифікації текстових документів з використанням модуля Booker-M для різних серій тестових експериментів знаходилась в діапазоні від 87% до 99,35%.

Результати тестування запропонованого класифікатору підтверджують доцільність його використання в системах класифікації електронних текстів. Перспективним розвитком модуля Booker-M є дослідження з вибору найбільш ефективних комбінованих критеріїв якості автоматичної класифікації.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Чалая, Л.Э. Метод двухэтапной классификации электронных текстов [Текст] // Л.Э. Чалая, С.Г. Удовенко, Е.С. Кушвид // Біоніка інтелекту. – 2016. – № 2 (87). – С.16 – 23.
2. Чалая, Л.Э. Оценка пертинентности лингвистических дескрипторов в системах информационного поиска документов [Текст] / Л.Э. Чалая, Ю.Ю. Харитонова// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 1/9(73). – С. 46–53

### РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ

Фефелов А.А., Литвиненко В.І., Таиф М.А., Лурье И.А., Вороненко М.А.

*Херсонский национальный технический университет г. Херсон*  
 fao1976@mail.ru, immun56@gmail.com, taifmohamedali@gmail.com, iil@rambler.ru, mary\_voronenko@i.ua

**Введение.** Реконструкция или реверсная инженерия генных регуляторных сетей (ГРС) представляет собой процесс восстановления структурных и динамических характеристик сети на основе данных наблюдений за ее поведением. Наиболее распространенным источником данных для реконструкции ГРС являются профили экспрессии генов. На сегодняшний день существует множество различных моделей и методов реконструкции ГРС. Однако, открытым остается вопрос получения адекватной формы (структуры) уравнений, что представляется достаточно сложной задачей. В данной работе, с целью устранения указанного недостатка, использована общая форма системы дифференциальных уравнений, которую можно описать следующим выражением:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где  $x_i$  – переменная состояния, выражающая концентрацию продукта экспрессии  $i$ -го гена;  $n$  – число компонентов (генов) в сети. Для структурной идентификации правой части системы ОДУ

предложен гибридный вычислительный метод, основанный на комбинировании искусственной иммунной системы и нейронной сети.

Идея объединения различных вычислительных методов и образования гибридов основывается на предположении о том, что полученный в результате объединения новый вычислительный метод должен обладать более высокой производительностью, чем входящие в него составляющие. В нашем случае технология гибридизации предполагает использование вычислительной модели РБФ-нейронной сети, в качестве метода обучения которой выбран один из видов искусственных иммунных систем, а именно алгоритм клонального отбора.

**Алгоритм клонального отбора.** В общем виде, формально алгоритм клонального отбора можно представить следующим образом:

$$CLONALG = (Ab^0, f, L, N, n, \delta, d, e), \quad (2)$$

где  $Ab^0$  – исходная популяция антител;  $f$  – функция аффинности, которая строится на основе целевой функции ( $f \Rightarrow \max$  или  $f \Rightarrow \min$ );  $N$  – количество антител в популяции;  $L$  – длина рецептора антитела;  $n$  – количество антител, отбираемых для клонирования (с самой высокой аффинностью);  $\delta$  – множительный фактор, регулирующий количество клонов отобранных антител;  $d$  – количество антител, подлежащих замене новыми (с самой низкой аффинностью);  $e$  – критерий останова.

**Радиально-базисная сеть.** При решении задач синтеза и обучения РБФ-нейронных сетей, основное внимание уделяется настройке параметров радиально-базисных функций, расположенных в скрытом слое сети, что, по сути, является задачей оптимизации. В данной работе предлагается использовать алгоритм клонального отбора для оптимизации параметров радиально-базисной сети в процессе обучения последней. Нейроны скрытого слоя – это радиально-базисные функции. В качестве настраиваемых параметров можно выделить следующие: количество нейронов скрытого слоя ( $m$ ); центры радиальных базисных функций ( $W_k^r$ ); коэффициенты сглаживания ( $\sigma_k$ ); типы базисных функций скрытого слоя; – веса выходного слоя ( $W_{ik}^l$ ); тип активационной функции выходного слоя; параметры активационной функции выходного слоя ( $a$ ). Исходя из выделенных параметров, получена структура индивидуума ИИС, представленная на рис. 1.

$f_1$	$f_2$	...	$f_m$	$w_{11}^r$	...	$w_{1m}^r$	...	$w_{m1}^r$	...	$w_{mm}^r$	$\sigma_1$	...	$\sigma_m$	$w_1^l$	...	$w_m^l$	$a$
-------	-------	-----	-------	------------	-----	------------	-----	------------	-----	------------	------------	-----	------------	---------	-----	---------	-----

Рис. 1. Структура индивидуума (антитела) ИИС, кодирующего РБФ-сеть

Синтез и обучение РБФ сети производится при помощи алгоритма клональной селекции. Для кодирования значений параметров мы использовали двоичную систему. Точность представления (количество бит на одно значение) выделена в качестве параметра настройки ИИС. В настройках ИИС устанавливается лишь максимально возможное количество этих элементов.

**Метод реконструкции системы ОДУ.** В данном случае правая часть системы ОДУ представлена нейронной сетью. Это означает, что на вход сети поступают временные ряды изменения концентрации продуктов экспрессии генов, а выход сети соответствует вектору первых производных концентраций тех же продуктов. Очевидно, что число выходов такой нейронной сети будет всегда равно числу ее входов, т. е.  $p = n$ . Построив данную сеть, мы сможем найти форму уравнений, которая лучше всего соответствует данным экспрессии. В данной работе мы использовали

Для расчета аффинности индивидуумов выбрано следующее выражение:

$$f = \sqrt{\frac{1}{n \cdot T} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^{T-1} (x_i^M(t_0 + j\Delta t) - x_i(t_0 + j\Delta t))^2}, \quad (3)$$

где  $t_0$  – начальное время;  $\Delta t$  – временной шаг;  $n$  – количество компонентов (генов) в ГРС;  $T$  – количество данных временного ряда экспрессии;  $x_i^M(t_0 + j\Delta t)$  – значения концентрации, полученные решением системы ОДУ, представленной РБФ-нейронной сетью;  $x_i(t_0 + j\Delta t)$  – значения концентрации из временного ряда экспрессии. По сути, выражение (3) – это среднеквадратическая ошибка модели, вычисленная в одном выражении для временных рядов экспрессии всех компонентов регуляторной сети.

Значения  $x_i^M$  для каждого индивидуума популяции ИИС получаются решением системы ОДУ одним из численных методов с начальными условиями  $x_i(t_0)$ . В данной работе в качестве численного метода решения задачи Коши мы выбрали метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Ниже приводится обобщенное пошаговое описание предложенного алгоритма.

Шаг 1. *Инициализация.* Создание случайной начальной популяции антител ( $Ab^0$ ).

Шаг 2. *Вычисление аффинности.* Для каждого антитела  $Ab_i, Ab_i \in Ab$  вычислить аффинность согласно выражению (7) с использованием метода Рунге-Кутты.

Шаг 3. *Клональная селекция и распространение.* Выбрать из популяции  $n$  лучших антител, и поместить их в отдельную популяцию клонов  $Ab_c$ . Генерировать клоны элементов популяции  $Ab_c$  пропорционально их аффинности, т.е. чем выше аффинность, тем большее количество клонов создается и наоборот. В данной работе мы реализовали селекцию по принципу турнира, что дает возможность управлять сходимостью алгоритма и поддерживать разнообразие популяции на необходимом уровне.

Шаг 4. *Созревание аффинности.* Подвергнуть мутации все клоны популяции  $Ab_c$  с вероятностью обратно-пропорциональной их аффинностям, т.е. чем ниже аффинность индивидуума, тем выше вероятность его мутации. Вычислить новую аффинность каждого антитела  $Ab_j, Ab_j \in Ab_c$  аналогично шагу 2. Выбрать из популяции  $Ab_c$  (при помощи турнира)  $n$  лучших антител и перенести их в популяцию клеток памяти  $M_R$ . В данной работе мы применили побитовую мутацию индивидуумов, согласно которой каждый бит антитела может быть изменен с заданной вероятностью.

Шаг 5. *Метадинамика.* Заменить  $d$  худших антител популяции  $Ab$  новыми случайными индивидуумами.

Шаг 6. Заменить  $n$  антител популяции  $Ab$  клетками памяти из  $M_R$  и перейти к шагу 2 пока не будет достигнут критерий останова. В данной работе в качестве критерия останова мы выбрали достижение популяцией определенного количества поколений.

**Экспериментальные исследования.** Для проведения экспериментов мы выбрали три задачи разной степени сложности. Для каждой задачи мы сгенерировали по три набора данных временного ряда с различными начальными условиями.

В первом эксперименте используется простая система ОДУ следующего вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = -0.9x_2 + x_3 \\ \dot{x}_2 = 0.2x_1x_2 \\ \dot{x}_3 = x_3 - 0.5x_1 \end{cases} \quad (4)$$

Для каждого из трех временных рядов первого эксперимента выбраны следующие начальные условия:  $(x_1(t_0), x_2(t_0), x_3(t_0)) = (0.2, 0.1, 0.3), (0.1, 0.1, 0.1), (0.2, 0.2, 0.2)$ . Среднеквадратические ошибки обучения на каждом наборе данных составили соответственно:  $f_1 = 0.0216, f_2 = 0.0344, f_3 = 0.02$ . График временных рядов лучшей модели, синтезированной в результате эксперимента с начальными условиями  $(0.2, 0.1, 0.3)$ .

**Выводы.** В работе предложен новый метод реконструкции системы обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования генных регуляторных сетей при помощи алгоритма клонального отбора и РБФ-нейронной сети. Разработанный метод позволит улучшить качество и точность получаемых решений и повысить устойчивость к зашумленным данным.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Rawool S.B. Steady state approach to model gene regulatory networks – simulation of microarray experiments / S.B. Rawool, K.V. Venkatesh // Biosystems. – 2007. – Vol. 90(3). – P. 636-655.
2. Chen P.C.Y. A Markovian approach to the control of genetic regulatory networks / P.C.Y. Chen, J.W. Chen // Biosystems. – 2007. – Vol. 90(2). – P. 535-545.
3. Chen T. Modeling gene expression with differential equations / T. Chen, H. L. He, G. M. Church // 4th Pacific Symposium on Biocomputing (PSB '99), January 1999: proceedings. – Big Island of Hawaii, Hawaii, USA, 1999. – P. 29-40.
4. Savageau M. A. Introduction to S-systems and the underlying power-law formalism / M.A. Savageau // Mathematical and Computer Modelling. – 1988. – Vol. 11. – P. 546-551.
5. De Castro L.N. Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach / L.N. De Castro, J. Timmis, Springer, Heidelberg, 2002. – 357 p.

## ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Халимон А.Ю., Баклан І.В.

НТУУ “КПІ” ім. І.Сікорського,  
м. Київ, вул. Політехнічна, 41,  
andrew.khalymon@gmail.com, iaa@ukr.net

## СТАДІЇ ПРОЦЕДУРИ ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Збір даних, що описують схожі процеси. Маючи дані з декількох часових рядів, можна побудувати більш достовірну граматику.

Валідація даних та їх очистка від недостовірних або неефективних з точки зору моделювання (шум, впливи інших, домінуючих факторів).

Розбивка часового ряду на інтервали – розбивка навчальних даних на інтервали і присвоєння їм символів. Схеми присвоєння довільні, єдиною вимогою є присвоєння різним (за характеристиками) інтервалам різних символів. Цей етап ми розглянемо детальніше в наступному розділі.

Розпізнавання синтаксису – отриману на попередньому етапі послідовність аналізують на наявність граматичних конструкцій. На виході отримуємо список граматичних конструкцій з ймовірностями їх наявності в процесі, а також матрицю ймовірностей переходу з символу в символ. Цей етап тісно перекликається з моделюванням (прихованих) марківських процесів, а також з методом правдоподібних траєкторій. Для одного і того ж ряду можна побудувати декілька граматики, які будуть перевірятися на наступному етапі.

Верифікація моделі – перевірка моделі на адекватність і корисність. Адекватність можна перевірити за допомогою прогону моделювання на тренувальній вибірці і застосування до тестової вибірки. Результати застосування моделі до тестової вибірки оцінюються за: збереженням алфавіту, збереженням граматики, збереженням параметрів розподілу букв та слів. Корисність моделі вимірюється евристиками. Такими можуть бути штрафи за

- короткі слова (граматика занадто проста і не надає корисної інформації про процес)
- довгі слова (модель занадто складна, і не є адекватною)
- кількість слів, що мають суттєву спільну частину (це вказуватиме на неправильну розбивку на інтервали - спільну частину можна було замінити однією буквою).

Отримавши сумарну оцінку по кожній моделі, вибирається найкраща, яка і використовується для моделювання цільового процесу.

Моделювання цільового процесу – використовуючи побудовану модель, будується опис синтаксичних конструкцій з вірогідностями їх настання. Для кожної синтаксичної конструкції надається можливе трактування в термінах предметної області. Ця дана множина і використовується для аналізу часового ряду і прийняття рішень, для допомоги прийняття яких проводилося моделювання.

Розглянемо формально один з можливих варіантів побудови лінгвістичної моделі. Маючи часовий ряд  $\{y(i)\}$ , де,  $y(i), i = \overline{1, N}$  - це деякі значення, які отримано в ході спостереження з якимось кроком,  $\Delta t_i = const, i = \overline{1, N}$ , що містить дані спостережень в часі, рахуємо:

- Різниці сусідніх значень ряду  $\Delta y(i) = y(i) - y(i+1), i = \overline{1, N}$  між сусідніми членами ряду
- Відсортуємо окремо додатні та від’ємні значення  $\Delta y(i)$  за спаданням (чи за зростанням).

Отримаємо дві послідовності  $a(k)$  і  $b(l)$ ,  $K + L = N - 1$ .

- Кожному члену з послідовностей  $a(k)$  і  $b(l)$  ставимо у відповідність символи абетки  $a_i, b_j, i = \overline{1, K}, j = \overline{1, L}$  відповідно.

• Перепишемо послідовність  $\Delta y(i)$  символами  $a_i$  і  $b_j$ , також будемо ставити між парами сусідніх символів  $a_q, b_p$  символ  $c$ , а між парами сусідніх символів  $a_m, b_n$  символ  $d$ , які будуть означати точки локальних екстремумів в послідовності  $y(i)$ , локальні максимуми і мінімуми відповідно. Отримаємо послідовність  $e_i$ .

• В послідовності  $e_i$  проаналізуємо частоту існування пар символів  $(e_i e_{i+1}), i = \overline{1, N-1}$  і побудуємо таблицю ймовірностей виникнення символу  $e_{i+1} P_{j+1}(e_{i+1} | e_{i-k} \dots e_i)$ . Тобто обчислюємо ймовірність появи символу  $e_{i+1}$  за умови що попередні символи  $e_{i-k} \dots e_i$ .

• За допомогою обчислених ймовірностей можемо зробити імовірнісний прогноз виникнення символу  $e_{i+1}$  за умови, що відомі ланцюжки попередніх символів.

Нехай часовий ряд має  $N$  елементів. Стоїть задача вибору оптимального розміру інтервалу, який фактично задається кількістю елементів  $m$ , що до нього потрапляють. Ймовірність потрапляння елементів часового ряду до інтервалу буде дорівнювати  $\frac{m}{N}$ . Кількість інтервалів дорівнює  $K = \frac{N}{m} + 2$ .

Легко перевірити, що  $\sum_{i=1}^K P_i = 1$ .

#### РОЗБИВКА ЧАСОВОГО РЯДУ НА ІНТЕРВАЛИ

Одною з проблем побудови хорошої лінгвістичної моделі є розбивка часового ряду на інтервали. Існує два можливих підходи, що виходять з різних припущень дослідника про предметну область:

Відомою величиною є границі інтервалів, невідомою – символ, що відповідає кожному інтервалу. В такому разі, для побудови алфавіту необхідна функція, що задає відображення множини значень, що знаходяться в інтервалі, в символ. Такий підхід краще використовувати, коли є чітка інформація про границі інтервалів, але природа інтервалів невідома і потребує дослідження

Відома функція відображення значень часового ряду в символи, але границі інтервалів невідомі. Цей підхід краще застосувати, якщо відома інформація про природу процесу, але необхідно дослідити його розгортання в часі.

Для одного процесу можна будувати обидва підходи, процедура моделювання передбачає оптимізацію та селекцію моделей.

Можливими функціями дискретизації часових рядів можуть бути:

Розбивка на основі похідної процесу – як першої (перша похідна як напрям розвитку процесу – зростання або спад), так другої (прискорення зміни), і можливо похідних інших порядків.

Розбивка на основі значень – розбивка точок даних на класи (кластеризація) беручи до уваги значення числового ряду в даній точці.

Розбивка на основі повторюваних кривих – розбивка здійснюється на основі співставлення інтервалів процесу і зарані доступних типових кривих, що описують частини процесу.

Іншою проблемою є верифікація отриманої моделі. Хороша лінгвістична модель має володіти наступними характеристиками:

Включати в себе символи для всіх інтервалів, що об'єктивно існують – тобто бути не простішою, ніж процес, що описується.

Не включати в себе символи, що означають інтервали, не притаманні даному процесу. Імовірними джерелами таких інтервалів і символів, що їм відповідають, можуть бути шуми даних, а також вплив інших пов'язаних процесів.

Побудований набір символів має давати на виході такі послідовності, для яких можливо скласти граматику, придатну для прогнозування. Якщо ж це правило не виконується, то можливе або порушення попередньої характеристики, або ж обраний часовий ряд є випадковим за своєю структурою, і описати його з допомогою лінгвістичного моделювання неможливо.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Fu K. S. A step towards unification of syntactic and statistical pattern recognition / K. S. Fu // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 1986. – Vol. PAMI-8, № 3 (May). – P. 398–404.
2. Баклан І. В. Лінгвістичне моделювання: основи, методи, деякі прикладні аспекти / І. В. Баклан. // Системные технологии. – 2011. – № 3 (74). – С. 10–19.
3. Баклан І. В. Інтервальний підхід до побудови лінгвістичної моделі / І. В. Баклан. // Системные технологии. – 2013. – № 3 (86). – С. 3–8.
4. Канторович Л. В. О некоторых новых подходах к вычислительным методам и обработке наблюдений / Л. В. Канторович. // Сибирский математический журнал – 1962. – Том III, № 5 (Сентябрь – Октябрь). – С. 701–709.
5. Бідюк П. І. Системний підхід до прогнозування на основі моделей часових рядів / П. І. Бідюк. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2003. – № 3. – С. 88–110.
6. Баклан І. В. Ймовірнісні моделі для аналізу та прогнозування часових рядів / І. В. Баклан, Г. А. Степанкова. // Штучний інтелект. – 2008. – № 3. – С. 505–515.
7. Баклан І. В. Застосування лінгвістичного моделювання для автентифікації за динамікою рухів користувача / Баклан І. В., Селін Ю. М., Трохименко Ю. А. // Весник Херсонського національного університета. Вып. 3(50). - Херсон: ХНТУ, 2014. - С.117-121.



## ЛІНГВІСТИЗАЦІЯ ДАНИХ, ЩО ОТРИМАНО ЦИФРОВИМИ ТА АНАЛОГОВИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ

Шулькевич Т.В., Селін Ю.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,  
м.Київ, пр.Перемоги, 37, tatyana\_victorovna@ukr.net, selinyurij@online.ua

В доповіді наведено математичний апарат, що об'єднує в собі три види подачі інформації за для її аналізу та прогнозування. Перший вид -- звичний числовий, що зустрічається чи не в 99% відомих авторам джерел, другий – графічний, що ще й досі отримуються з аналогових приладів реєстрації та третій – символічний (метод лінгвістичного моделювання), що ще не є розповсюдженим. Для методу лінгвістичного моделювання сформульована змістовна та математична постановки задачі знаходження лінгвістичних образів часових рядів. Було введено поняття лінгвістичного моделювання та поетапно описано спосіб застосування даного підходу для розв'язання поставленої задачі. Також, для більш повного розгляду задачі, були введені додаткові підзадачі, описані їх математичні постановки та наведені приклади їх виконання.

Автори вже деякий час займаються дослідженням методів лінгвістичного моделювання. Розробляють математичний апарат лінгвістизації та досліджують сфери застосування ат обмеження методів. [1-7]

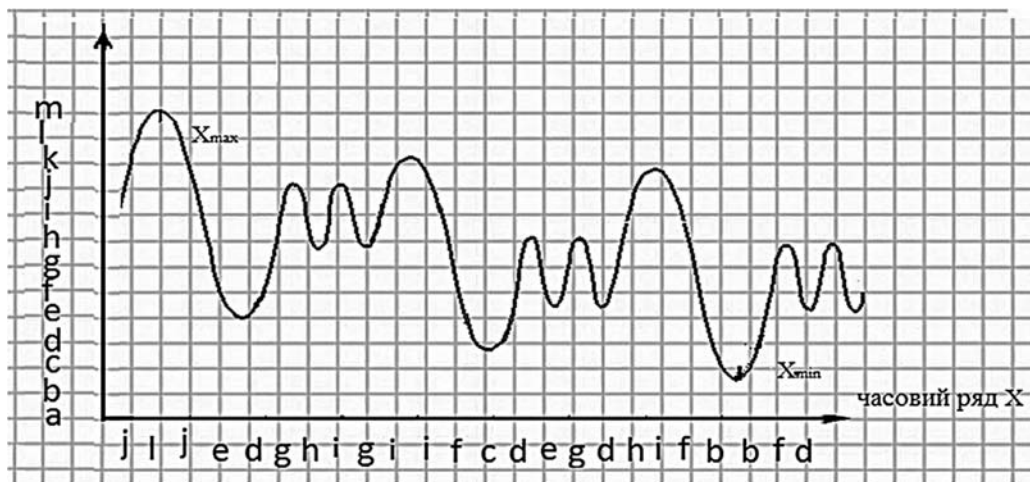


Рис 1. Загальна схема переходу до лінгвістичного ланцюжку.

В разі наявності інформації, що отримано у вигляді графічного зображення, маємо наступне. За допомогою цепного коду Фримена (див рис. 2.) переходимо до символічного запису послідовності даних

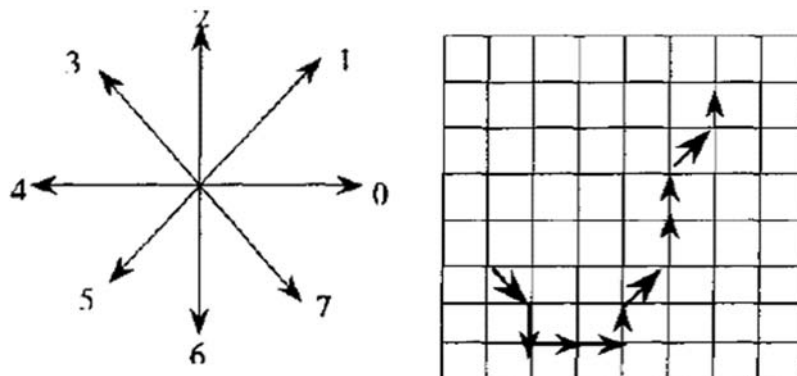


Рис. 2. Перетворення графічних даних до символічного вигляду.

Згідно з рис. 2. Ми отримуємо послідовність 7, 0, 0, 2, 1, 2, 2, 1, 2, яку так само можна замінити на символічний ряд з довжиною абетки  $N = 8$ .

Кожен з трьох методів відображення інформації має свої переваги, недоліки та сфери застосування. Викладення докладного їх дослідження та порівняння є предметом подальших публікацій авторів.

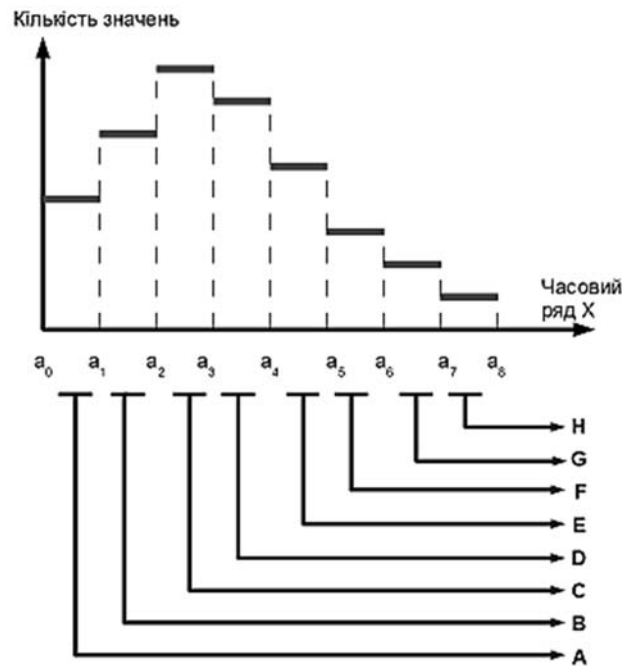


Рис. 3. Схематичне зображення процесу інтервалізації [5]

Наведені методи є універсальними як з боку виду отриманої інформації так і з боку наявності в цій інформації нелінійностей та нестационарностей. Але мають загальний недолік всіх статистичних методів – брак історичної інформації.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Баклан І. В. Лінгвістичне моделювання: основи, методи, деякі прикладні аспекти / І. В. Баклан // Систем. технології. — 2011. — № 3. — С. 10-19.
2. Баклан І.В. Структурний підхід до аналізу та прогнозування поведінки часових рядів / І.В. Баклан, Ю.М. Селін // Вісник Херсонського національного технічного університету. — Херсон: ХНТУ, 2005. — № 2. — С.27-31.
3. Баклан І.В. Математичні моделі прогнозування часових рядів різної природи [Текст] / Баклан І.В., Селін Ю.М., Шулькевич Т.В. // Вестн. Херсонського національного техн. ун-та. - Херсон: ХНТУ, 2014. - Вып. 3 (50).– С.213-218.
4. Селін Ю.М., Баклан І.В. Математичний апарат для прогнозування часових рядів економічного та екологічного типів, що можуть бути піддані зовнішнім впливам // Вестн. Херсонського нац. ун-та.– 2013.– №2(47).–С.315-318.
5. Баклан І.В. Інтервальний підхід до побудови лінгвістичної моделі // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3(86). – Дніпропетровськ, 2013. – С.3-8.
6. Баклан І.В. Структурний підхід до розпізнавання образів у системах безпеки / І.В. Баклан, Ю.М. Селін, О.О. Петренко // Національна безпека України: стан, кризові явища та шляхи їх подолання: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук.-прак. конф., 7-8 грудня 2005 р., Київ. — К.: НАУ–ЦНПСД, 2005. — С.375-380.
7. Баклан І.В., Селін Ю.М., Шулькевич Т.В. Математичні моделі прогнозування часових рядів різної природи // Вестн. Херсонського національного техн. ун-та. - Херсон: ХНТУ, 2014. - Вып. 3 (50).– С.213-218.

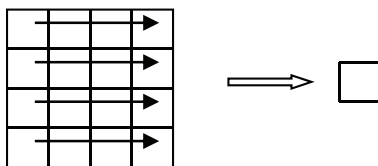
## ЗВОРОТНІЙ ПІРАМІДАЛЬНИЙ РОЗКЛАД РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Юрко О.В., Юрко Ю.В.

ДВНЗ «Криворізький національний університет», вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027  
alexandr.yurko@gmail.com, yurko@yahoo.com

Сегментування та розклад зображень на фрагменти – часто використовуваний прийом при кодуванні та стисненні растрових зображень. Це дозволяє зробити математичні методи обробки більш алгоритмічними та більш простими у реалізації, де до них буде застосовано менше обмежень та вимог [1]. Основним підходом до вирішення задач розкладу є застосування класичних методів кліткового кодування, пірамідального розкладу та побудова квадро-дерев [2]. Усі ці методи використовуються у таких розповсюджених форматах, як JPG, MPG, DJVU, PDF та інші. Далі сегментоване зображення піддають математичній обробці (дискретне косинусне перетворення, вейвлет перетворення та інші) [3]. Порядок кодування має або деревоподібну структуру, що дозволяє врахувати особливості розподілу абсолютних величин коефіцієнтів (розподіл має так названу масштабну подобу), або ті що спираються на фізіологічні особливості людського сприйняття і фактично стали алгоритмічним стандартом (ДКП). При кодуванні двійкових значень застосовується метод одержання адаптивних ймовірностних оцінок. Такий підхід дозволяє досягти стійких результатів, які певною мірою не залежать від величини та складності зображення. Але при обробці, зберіганні та передачі надвеликих растрових зображень, таких, як карти, панорами, гігапксельні фото та інші документи виникає ряд проблем. Стандартні формати не забезпечують їх ефективне вирішення.

Автори пропонують інтегральний підхід до процесу кодування та використання надвеликих растрових зображень. Для цього використано ідею мультимасштабності та пірамідальної схеми розкладу вейвлетів. Ідея пірамідального розкладу полягає в тому, що розкладання зображення робиться послідовною апроксимацією, з наступною децимацією. Згортка фрагменту зображення з функцією дозволяє виділити характерні риси сигналу в області локалізації цієї функції, причому, чим більший масштаб має функція, тим більше широка область сигналу буде впливати на результат згортки.



Фактично відбувається ієрархічна двовимірна децимація растру. Такий підхід дозволяє передавати спочатку зображення з найменшою деталізацією, виділене фільтром низьких частот, наприклад сплайн-апроксиматором. Також такий підхід можна реалізувати для сигналів з іншою розмірністю. Наприклад для кодування відео застосувати розбиття октодеревом. Тобто для того щоб обробити послідовність кадрів вводиться третій вимір – час. При застосуванні такого алгоритму можливо реалізувати формат передачі медіаданих у якому бітрейт потоку буде автоматично підстроюватись під можливості каналу користувача. Найбільш придатними для реалізації алгоритмів пірамідальної обробки з локальною апроксимацією є процесори RISC з спеціалізованими блоками орієнтованими на математичні операції з векторами, VLIW, та звичайно DSP. Найбільш перспективними засобами для реалізації пристроїв багатовимірної обробки сплайнами є ПЛІС FPGA з блоками DSP та спеціалізовані ASICs.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Hornberg, Alexander. Handbook of Machine Vision. Wiley-VCH. (2006): p. 429.
2. Herout, Adam, Markéta Dubská, and Jiri Havel. "Review of Hough Transform for Line Detection." Real-Time Detection of Lines and Grids. Springer London, (2013): 3-16.
3. Al Machot, Fadi, et al. "Real-time raindrop detection based on cellular neural networks for ADAS." Journal of Real-Time Image Processing (2016): 1-13.
4. Xu, Lei, Erkki Oja, and Pekka Kultanen. "A new curve detection method: randomized Hough transform (RHT)." Pattern recognition letters 11.5 (1990): 331-338.

## СПИСОК ТЕЗ

1.	Aleynikov M.V.	c. 178	APPLICATION OF EVALUATION CRITERIA OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON UKRAINE'S INLAND WATERWAYS
2.	Aleynikov V. M.	c. 178	APPLICATION OF EVALUATION CRITERIA OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON UKRAINE'S INLAND WATERWAYS
3.	Azarskov V.N.	c. 7	ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTION
4.	Babichev S.A.	c. 231	OBJECTIVE CLUSTERING INDUCTIVE TECHNOLOGY BASED ON THE SOTA CLUSTERING ALGORITHM USING DESIRABILITY HARRINGTON FUNCTION
5.	Bereza O.	c. 20	THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION
6.	Bilyi H.	c. 20	THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION
7.	Blokhin L.N.	c. 7	ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTION
8.	Bodyanskiy Ye.	c. 233	A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION
9.	Doronin V.V.	c. 178	APPLICATION OF EVALUATION CRITERIA OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON UKRAINE'S INLAND WATERWAYS
10.	Frolova M. E.	c. 23	USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE
11.	Kaplun V.	c. 180	ON THE ISSUE OF CREATION OF INNOVATIVE DISPATCHING SYSTEMS IN THE ENERGY MICROGRIDS
12.	Kornilovska N.V.	c. 23	USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE
13.	Kravchenko E. I.	c. 16	VOLTERRA MODEL BUILDING OF OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL INPUT-OUTPUT DATA
14.	Krejci J.	c. 20	THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION
15.	Kubarov D.	c. 23	USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE
16.	Kurganskyi A.U.	c. 7	ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTION
17.	Loutskii H.M.	c. 235	THE SYSTEM FOR MODELING DISTRIBUTED COMPUTING TO CONTROL THE ISOEFFECTIVENESS
18.	Lurie I.A.	c. 23	USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE
19.	Lytvynenko V.	c. 14	CREDIBILITY OF SELF-CHECKING RESULT IN THE CONTEXT OF SYSTEM LEVEL SELF-DIAGNOSIS
20.	Mashkov V.	c. 14	CREDIBILITY OF SELF-CHECKING RESULT IN THE CONTEXT OF SYSTEM LEVEL SELF-DIAGNOSIS
21.	Osypenko V.	c. 180	ON THE ISSUE OF CREATION OF INNOVATIVE DISPATCHING SYSTEMS IN THE ENERGY MICROGRIDS

22.	Pavlenko V. D.	c. 16	VOLTERRA MODEL BUILDING OF OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL INPUT-OUTPUT DATA
23.	Pliss I.P.	c. 233	A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION
24.	Rehida P.G.	c. 235	THE SYSTEM FOR MODELING DISTRIBUTED COMPUTING TO CONTROL THE ISOEFFECTIVENESS
25.	Rudyuk G.I.	c. 7	ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTION
26.	Salata D. V.	c. 16	VOLTERRA MODEL BUILDING OF OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL INPUT-OUTPUT DATA
27.	Sushchenko O.A.	c. 18	MATHEMATICAL MODEL OF INERTIAL NAVIGATION SYSTEM WITH BIAXIAL PLATFORM
28.	Vlasenko O.	c. 233	A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION
29.	Volokyta A.M.	c. 235	THE SYSTEM FOR MODELING DISTRIBUTED COMPUTING TO CONTROL THE ISOEFFECTIVENESS
30.	Voronenko M.	c. 20	THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION
31.	Vynokurova O.	c. 233	A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION
32.	Vyshemyrska S.V.	c. 23	USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE
33.	Zabielin S.I.	c. 236	BIG DATA ANALYSIS VIA MODEL REDUCTION METHODS
34.	Аксак Н.Г.	c. 237	МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ УСКОРЕННОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
35.	Алексеева О.В.	c. 212	ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ
36.	Андрющенко Я.Е.	c. 138	ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ФАХІВЦІВ ФІЛОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ
37.	Антонова И.В.	c. 26	ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРЕДПРОГНОЗНОМУ АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
38.	Арделян В.В.	c. 120	МЕТОДИКА НАКОПИЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
39.	Артеменко О.І.	c. 298	ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ
40.	Артемчук В.О.	c. 212	ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ
41.	Архипов А.Е.	c. 28	ПРИМЕНЕНИЕ РЕФЛЕКСИВНЫХ МОДЕЛЕЙ РИСКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ
42.	Аршинский Л.В.	c. 191	РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
43.	Астіоненко І.О.	c. 239	БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ

44.	Ахметшина Л.Г.	с. 241	ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДА АДАПТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
45.	Бабенко Ю.В.	с. 30	ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННИМ ЗА СТАНОМ ЗАПІЗНЕННЯМ
46.	Багрій Р.О.	с. 204	ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ
47.	Базалій М.	с. 116	ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ
48.	Баклан І. В.	с. 42	НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ – ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ
		с. 314	ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ
49.	Балич Б.І.	с. 215	МЕТОД СИНТЕЗУ БАРКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК
		с. 221	БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
50.	Барабаш О.В.	с. 31	КРИТЕРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
51.	Баранов Г.Л.	с. 32	ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕТЕРОГЕННІ ФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ
52.	Бардачов Ю.М.	с. 243	ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ
53.	Бармак О.В.	с. 204	ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ
54.	Бацуровська І.В.	с. 34	ВЕБІНАР ЯК ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ
55.	Безкоровайний Ю.М.	с. 35	ФІЛЬТР-СПОСТЕРІГАЧ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ
56.	Березька К. М.	с. 244	ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТРУКТУРНОЇ АТИПІЇ ПЕРЕДРАКОВИХ СТАНІВ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
57.	Березький О. М.	с. 244	ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТРУКТУРНОЇ АТИПІЇ ПЕРЕДРАКОВИХ СТАНІВ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
58.	Березюк І. А.	с. 38	ОЦІНЮВАННЯ РОБАСТНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ РІЗАННЯ З ОПТИМАЛЬНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ДЛЯ СТРІЧКОВОЇ ПИЛОРАМИ
59.	Берко А. Ю.	с. 183	ОПРАЦЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ ДАНИХ У НЕОДНОРІДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСАХ
60.	Бідюк П. І.	с. 185	МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
61.	Бодяньський Є. В.	с. 251	АДАПТАЦІЯ ЦЕНТРОВ ФУНКЦІЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТІ ЕВОЛЮЦІОНІРУЮЩОЇ ДІАГНОСТИРУЮЩОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМИ
		с. 253	МЕТОД НЕЧЕТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ С ПОЛІНОМІАЛЬНИМ ФАЗЗИФІКАТОРОМ И ВЗВЕШИВАНИЕМ КОМПОНЕНТ

		с. 247	КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ
		с. 249	ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ
62.	Бондаренко В.Г.	с. 40	МЕТОД АНАЛИЗА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
63.	Бондаренко Н.С.	с. 41	ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ
64.	Буров Є. В.	с. 187	ОНТОЛОГІЧНЕ ПОДАННЯ ЗНАНЬ ПРО СИТУАЦІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ
65.	Василенко В. Г.	с. 42	НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ – ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ
66.	Вербовий С.О.	с. 43	ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
67.	Верес О. М.	с. 189	МЕТОДИ АНАЛІЗУ BIG DATA В ПРОЕКТІ СППР
68.	Винокурова О.А.	с. 247	КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ
		с. 249	ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ
69.	Висоцька В.А.	с. 45	ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АМАТОРСЬКИХ СПОРТИВНИХ ІГОР
		с. 78	МЕТОД ІНТЕГРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ТУРИЗМУ ЗГІДНО ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧА
70.	Вишемирська С.В.	с. 284	ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА KNIME ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ
71.	Віхрова Л.Г.	с. 127	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА У СКЛАДІ ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ДАНИМИ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
72.	Войніков Д. О.	с. 47	ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ ДЛЯ МИТТЄВОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ
73.	Волков В.Э.	с. 48	ОЦЕНКА ДЕТОНАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНОГО ОБЪЕКТА
74.	Волошин В.В.	с. 249	ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ
75.	Воробей В.И.	с. 255	ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ЦЕЛИ
76.	Вороненко М.А.	с. 311	РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ
		с. 284	ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА KNIME ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ
77.	Вычужанин В.В.	с. 134	РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОРРОЗИЙНОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА СУДНА

		с. 196	РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВАЛОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОРТА
78.	Галай Д.С.	с. 272	ФОРМУВАННЯ РБФ-МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ІНДУКТИВНОГО ДЕРЕВА РОЗВ'ЯЗКІВ CART
79.	Гейко Г.В.	с. 118	К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ
80.	Герасименко О.Ю.	с. 116	ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ
81.	Гожий В.А.	с. 257	КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ІТ ПРОЕКТІВ
82.	Гожий О.П.	с. 259	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ
83.	Гороховатський В.О.	с. 261	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНИХ ОПИСІВ ЗОБРАЖЕНЬ
84.	Гоц О. П.	с. 263	ДІАГНОСТИЧНА МЕДИЧНА СИСТЕМА З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ СКЛАДОВОЮ НА ОСНОВІ БАЙЄСОВИХ МЕРЕЖ ТОЧНОГО ВИСНОВКУ
85.	Григорович В.Г.	с. 49	МЕТРИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ
86.	Грицик В.В.	с. 51	ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО І ВИЖИВАННЯ ЛЮДЕЙ
		с. 266	ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ НА ВІЗУАЛЬНОМУ ПОЛІ УВАГИ ЗА ГРАНИЧНИМ ПРИНЦИПОМ
87.	Грушко Я.В.	с. 269	ЕФЕКТИВНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЗНАХОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У ТЕКСТОВИХ ФАЙЛАХ
88.	Гуляева Н.О.	с. 205	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РІЗНИХ ПЛАТФОРМ
89.	Гусарина Н.В.	с. 168	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ
90.	Гучек П.Й.	с. 239	БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ
91.	Давиденко П.О.	с. 239	БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ
92.	Данилов В.Я.	с. 170	ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ
93.	Данилов В.Я.	с. 269	ЕФЕКТИВНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЗНАХОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У ТЕКСТОВИХ ФАЙЛАХ
94.	Дейнеко А.А.	с. 253	МЕТОД НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ С ПОЛИНОМИАЛЬНЫМ ФАЗЗИФИКАТОРОМ И ВЗВЕШИВАНИЕМ КОМПОНЕНТ
95.	Денисова Н.Ф.	с. 69	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ИМПЛАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ
96.	Джунковський В.О.	с. 271	СПОСОБИ І ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АКТИВНИХ КОНТУРНИХ МОДЕЛЕЙ. ЗМІІ.
97.	Джунковський Ю.О.	с. 271	СПОСОБИ І ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АКТИВНИХ КОНТУРНИХ МОДЕЛЕЙ. ЗМІІ.



98.	Дзюба Р.О.	с. 121	ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПЕЛОНЕФРИТУ
99.	Дідик О.К.	с. 127	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА У СКЛАДІ ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ДАНИМИ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
100.	Дідик О.О.	с. 243	ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ
101.	Дідковський О.І.	с. 54	ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ У РОЗУМНИХ БУДИНКАХ
102.	Добровська Л.М.	с. 272	ФОРМУВАННЯ РБФ-МЕРЕЖИ НА ОСНОВІ ІНДУКТИВНОГО ДЕРЕВА РОЗВ'ЯЗКІВ CART
103.	Довбня С.Ю.	с. 77	МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ
104.	Доржсурэн Хишигсурэн	с. 191	РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ
105.	Доценко Н. А.	с. 56	ЕЛЕКТРОННА НАВЧАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ
106.	Драган Я.П.	с. 58	ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АТЕВ-ФУНКЦІЙ
107.	Дробот Д.С.	с. 277	СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЦЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
108.	Дронюк І.М.	с. 58	ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АТЕВ-ФУНКЦІЙ
109.	Дубан А.О.	с. 60	СТВОРЕННЯ БАЗ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ ЧЕРЕЗ СОЦІАЛЬНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ
110.	Дубан Р.М.	с. 60	СТВОРЕННЯ БАЗ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ ЧЕРЕЗ СОЦІАЛЬНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ
111.	Егоров А.А.	с. 241	ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДА АДАПТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
112.	Ермолаєва О.В.	с. 35	ФІЛЬТР-СПОСТЕРІГАЧ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ
113.	Єременко Б.М.	с. 150	ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
114.	Єрмолаєва О.В.	с. 61	МЕТОДИКА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ГРІВЕРТИКАЛІ ПО КАНАЛУ МОМЕНТНОГО ДАТЧИКА КРЕНА
115.	Жарикова М.В.	с. 63	МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СППР
116.	Заводник В.В.	с. 64	КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАКРОЭКОНОМИКИ РАЗВИТОЙ СТРАНЫ
117.	Зайцев О.В.	с. 66	МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГЕОПРОСТОРОВОВОГО ОБ'ЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОРІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

118.	Здрок О.В.	с. 301	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД
119.	Зелений В.В.	с. 266	ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ НА ВІЗУАЛЬНОМУ ПОЛІ УВАГИ ЗА ГРАНИЧНИМ ПРИНЦИПОМ
120.	Зербіно Д.Д.	с. 68	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
121.	Зозуля В.А.	с. 127	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА У СКЛАДІ ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ДАНИМИ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
122.	Золотухин О.В.	с. 253	МЕТОД НЕЧЕТКОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ С ПОЛИНОМІАЛЬНИМ ФАЗЗИФИКАТОРОМ И ВЗВЕШИВАНИЕМ КОМПОНЕНТ
123.	Ігнатєв І.В.	с. 162	МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ГРУПОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПЛІС SPARTAN 3А
124.	Ізонін І.В.	с. 247	КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ
125.	Казенко Е.В.	с. 301	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД
126.	Калашнікова А.А.	с. 306	РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ В ДЕКАРТОВОМУ ДЕРЕВІ
127.	Калиберда Ю.О.	с. 115	СТРУКТУРА ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМИ ОБНАРУЖЕННЯ ВТОРЖЕНІЙ
128.	Калініна І.О.	с. 259	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ
129.	Калінчук Ю.С	с. 193	ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ
130.	Карпінєць Р.М.	с. 195	АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ПІДСИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ
131.	Карымсакова И.Б.	с. 69	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ИМПЛАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ
132.	Касянюк В.С.	с. 204	ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ
133.	Катана А.В.	с. 196	РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВАЛОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОРТА
134.	Кинаш Ю.С.	с. 216	СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
135.	Кісь Я. П.	с. 183	ОПРАЦЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ ДАНИХ У НЕОДНОРІДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСАХ
136.	Кічін В.В.	с. 121	ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПЕЛОНЕФРИТУ
137.	Кобилін І.О.	с. 247	КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ
138.	Коваленко Д.Ю.	с. 172	ЗНАХОДЖЕННЯ ВІДРІЗКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ, ЯКИЙ СПОЛУЧАЄ СТОРОНИ КУТА І ПРОХОДИТЬ ЧЕРЕЗ ТОЧКУ ВСЕРЕДИНИ НЬОГО ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

139.	Ковалик В.П.	с. 215	МЕТОД СИНТЕЗУ БАРКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК
140.	Ковалишин О.С.	с. 274	ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ
141.	Коваль М.О.	с. 31	КРИТЕРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
142.	Ковач В.О.	с. 212	ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ
143.	Козерацький М.С.	с. 116	ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ
144.	Козіна Ю.Ю.	с. 205	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РІЗНИХ ПЛАТФОРМ
145.	Кондратюк С.С.	с. 70	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЖЕСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ
146.	Кораблев Н.М.	с. 197	ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА
147.	Корнага Я.І.	с. 116	ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ
148.	Корнієнко Б.Я.	с. 71	ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ГРАНУЛЮВАННЯ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ
149.	Коробчинський М.В.	с. 73	МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ
150.	Корольов В.Ю.	с. 199	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХОМИХ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ГРУП ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕРИТОРІЇ
151.	Косенко В.Р.	с. 84	ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО-ПЛОТОВАНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ
		с. 94	ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
152.	Костюк К.Є.	с. 275	СИСТЕМИ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ
153.	Кравець П.О.	с. 202	ІГРОВА МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МУЛЬТИАГЕНТНІЙ СИСТЕМІ
154.	Крак Ю.В.	с. 69	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ИМПЛАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ
		с. 70	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЖЕСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ
		с. 204	ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ
155.	Крилов В.М.	с. 205	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РІЗНИХ ПЛАТФОРМ

156.	Круть В.М.	с. 175	ПРИГНІЧЕННЯ КОРУПЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПУ МАКМИМУМУ ПОНТРЯГІНА
157.	Крыжановская В.О.	с. 135	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
158.	Крылов В.Н.	с. 76	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НОСИТЕЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСТАРТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
159.	Кудрявцев А.М.	с. 294	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРА
160.	Кунанець Н.Е.	с. 298	ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ
161.	Курдуп І.О.	с. 170	ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ
162.	Кушвід Є.С.	с. 310	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА НЕСТРУКТУРОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТІВ
163.	Ладієва Л.Р.	с. 77	МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ
164.	Ланська С.С.	с. 30	ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННИМ ЗА СТАНОМ ЗАПІЗНЕННЯМ
165.	Литвин В.В.	с. 78	МЕТОД ІНТЕГРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ТУРИЗМУ ЗГІДНО ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧА
166.	Литвиненко В.И.	с. 277	СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
		с. 280	ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
		с. 311	РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ
167.	Литвиненко О.І.	с. 239	БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ
168.	Логвинов О.В.	с. 76	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НОСИТЕЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСТАРТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
169.	Лукиянов В.В.	с. 280	ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
170.	Лур'є І.А.	с. 284	ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА KNIME ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ
		с. 277	СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ

		с. 311	РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ
171.	Лясковська С.Є.	с. 81	КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ
172.	Макоєд Н.А.	с. 48	ОЦЕНКА ДЕТОНАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНОГО ОБЪЕКТА
173.	Малець І.О.	с. 80	ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕРМОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
		с. 81	КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ
		с. 83	ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
174.	Малець Р.Б.	с. 80	ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕРМОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
175.	Малюков Р.Р.	с. 197	ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА
176.	Марголін О.Г.	с. 306	РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ В ДЕКАРТОВОМУ ДЕРЕВІ
177.	Мартин Є.В.	с. 81	КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ
178.	Машков О.А.	с. 84	ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО-ПЛОТОВАНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ
		с. 94	ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
		с. 105	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ
179.	Машталир С.В.	с. 287	АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
180.	Медиковський М.О.	с. 151	БАЗОВІ ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ
181.	Мезенцев Н.В.	с. 118	К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ
182.	Мельник Г.М.	с. 244	ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТРУКТУРНОЇ АТИПІЇ ПЕРЕДРАКОВИХ СТАНІВ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ
183.	Мельничук В.В.	с. 113	АЛГОРИТМИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ РОЗУМНОГО МІСТА
184.	Ментинська Ю.С.	с. 215	МЕТОД СИНТЕЗУ БАРКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК
185.	Микіч Х.І.	с. 187	ОНТОЛОГІЧНЕ ПОДАННЯ ЗНАТЬ ПРО СИТУАЦІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ
186.	Минаев Ю.Н.	с. 207	ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

187.	Минаева Ю.И.	с. 207	ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
188.	Мирзаев Н.М.	с. 289	ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ
189.	Мирошниченко Н.С.	с. 251	АДАПТАЦИЯ ЦЕНТРОВ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИРУЮЩЕЙ НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМЫ
190.	Михайлюк С.М.	с. 214	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
191.	Михалев А.И.	с. 115	СТРУКТУРА ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ
192.	Міхайлуца О.М.	с. 291	РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ
193.	Мороз Е.Ю.	с. 209	РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ РАЗНОВРЕМЕННОЙ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ
194.	Мороз О.Г.	с. 292	ГІБРИДНИЙ ПЕРЕБІРНИЙ АЛГОРИТМ СОМВІ-ГА З ЕВОЛЮЦІЙНИМ ПРИНЦИПОМ УСКЛАДНЕННЯ СТРУКТУР МОДЕЛЕЙ
195.	Морозов В.В.	с. 210	РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИТ-ПРОЕКТАМИ
196.	Москаленко В.В.	с. 294	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРА
197.	Мулеса П.П.	с. 247	КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ
198.	Мурзенко А.И.	с. 277	СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
199.	Мусієнко А.П.	с. 31	КРИТЕРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
		с. 120	МЕТОДИКА НАКОПИЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
200.	Мухін В.Є.	с. 116	ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ
201.	Наум О.М.	с. 78	МЕТОД ІНТЕГРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ТУРИЗМУ ЗГІДНО ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧА
202.	Небеснюк В.О.	с. 291	РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ
203.	Нитребич О.О.	с. 143	АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕЛЕМЕНТІВ
204.	Ніколаєв С. С.	с. 117	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА ОБРОБКИ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ЛЮДИНИ

205.	Новиков В.Р.	с. 175	ПРИГНІЧЕННЯ КОРУПЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПУ МАКМИМУМУ ПОНТРЯГІНА
206.	Новохатній Ю.В.	с. 66	МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГЕОПРОСТОРОВОВОГО ОБ'ЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОРІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ
207.	Норова З.Х.	с. 289	ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ
208.	Носенко В.О.	с. 125	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОАТОМНИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ЧИСЛОВОЇ СИМУЛЯЦІЇ ЇХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СПЕКТРІВ
209.	Носков В.И.	с. 118	К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ
210.	Обельовська К.М.	с. 193	ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ
211.	Обідін Д.М.	с. 120	МЕТОДИКА НАКОПИЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ
212.	Оволаби А. О.	с. 280	ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
213.	Огнева О.Є.	с. 121	ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙССІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПІСЛОНЕФРИТУ
214.	Огурцов М.І.	с. 199	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХОМИХ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ГРУП ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕРИТОРІЇ
215.	Окренец Р.В.	с. 280	ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ
216.	Олецкий О.В.	с. 297	ПРО ЗАСТОСУВАННЯ PAGERANK-ПОДІБНИХ МЕТОДИК ПРИ ПОБУДОВІ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИБОРУ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН
217.	Олокоба О. Й.	с. 135	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
218.	Ольшевський С.В.	с. 123	МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ, ПОБУДОВАНОЇ НА СУКУПНОСТІ РУХОМИХ ВУЗЛІВ
		с. 125	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОАТОМНИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ЧИСЛОВОЇ СИМУЛЯЦІЇ ЇХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СПЕКТРІВ
219.	Онисько О.М.	с. 216	СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
220.	Опотяк Ю.В.	с. 151	БАЗОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ
		с. 164	ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

221.	Осадчий С.І.	с. 127	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА У СКЛАДІ ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ДАНИМИ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ
222.	Остахов В.В.	с. 210	РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИТ-ПРОЕКТАМИ
223.	Павлюк О.М.	с. 217	АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕМОЦІЙ З МЕТОЮ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ
224.	Панкратов В.А.	с. 130	РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
225.	Панкратова Н.Д.	с. 129	РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
226.	Партенюха Д.	с. 284	ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА КНІМЕ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ
227.	Пасічник В.В.	с. 298	ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ
228.	Пашинська Н.М.	с. 299	ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА РІШЕНЬ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
229.	Пашко А.О.	с. 151	ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
230.	Пашков Д.П.	с. 105	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ
231.	Пелешко Д.Д.	с. 249	ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ
232.	Первий Б.А.	с. 142	МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБ'ЄКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С УЧЁТОМ СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ
233.	Передерій В.В.	с. 301	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД
234.	Передерій В.І.	с. 301	ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД
235.	Перова І.Г.	с. 251	АДАПТАЦІЯ ЦЕНТРОВ ФУНКЦІЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТІ ЕВОЛЮЦІОНІРУЮЩОЇ ДІАГНОСТИРУЮЩОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМИ
236.	Піднебесна А.О.	с. 130	СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СПЕЦІАЛЬНИМИ ТИПАМИ ЗВЕРНЕНЬ ДО МУНІЦИПАЛІТЕТІВ ЧЕСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ
237.	Пімоненко С.В.	с. 294	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРА
238.	Поберейко С. Б.	с. 132	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАНИЧНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ
239.	Повшук О.В.	с. 216	СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
240.	Пожусь А.В.	с. 291	РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ



241.	Попов О.О.	с. 212	ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ
242.	Придатко О.В.	с. 83	ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
243.	Примаченко О.Г.	с. 121	ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙССІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПЕЛОНЕФРИТУ
244.	Прокоф'єва І.Ю.	с. 61	МЕТОДИКА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ГРОВЕРТИКАЛІ ПО КАНАЛУ МОМЕНТНОГО ДАТЧИКА КРЕНА
245.	Просьянкіна-Жарова Т. І.	с. 185	МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
246.	Прохоренко О.М.	с. 32	ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕТЕРОГЕННІ ФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ
247.	Прядка О.С.	с. 134	РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОРРОЗИЙНОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА СУДНА
248.	Радецька С.В.	с. 284	ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА КНІМЕ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ
249.	Рак Т.Є.	с. 214	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ
250.	Резніченко О.М.	с. 243	ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ
251.	Ренкас А.Г.	с. 83	ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
252.	Різник О.Я.	с. 215	МЕТОД СИНТЕЗУ БАРКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК
		с. 216	СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ
253.	Романенко И.Д.	с. 64	КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАКРОЭКОНОМИКИ РАЗВИТОЙ СТРАНЫ
254.	Рудакова А.В.	с. 135	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
255.	Руholла О.	с. 217	АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕМОЦІЙ З МЕТОЮ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ
256.	Ручинська Н.С.	с. 136	АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ СФОРМОВАНОСТІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БАКАЛАВРІВ МАТЕМАТИКИ В УМОВАХ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ
257.	Рябова Н.В.	с. 137	ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ
258.	Рябчун Ю.В.	с. 219	МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗДІБНОСТЕЙ АБІТУРІЄНТІВ
259.	Савула І.В.	с. 243	ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ

260.	Савченко Е.А.	с. 304	ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ
261.	Садовський В.Г.	с. 243	ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ
262.	Самойленко О.М.	с. 138	ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ФАХІВЦІВ ФІЛОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ
263.	Самойленко О.О.	с. 138	ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ФАХІВЦІВ ФІЛОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ
264.	Сапунов С.В.	с. 140	ПРО РОЗМІТКУ ДИСКРЕТНОГО ОПЕРАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЯКА СПРИЯЄ СПРЯМОВАНОМУ ПЕРЕСУВАННЮ МОБІЛЬНИХ АГЕНТІВ З ОБМЕЖЕНОЮ ПАМ'ЯТТЮ
265.	Сарычев А.П.	с. 142	МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБ'ЄКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С УЧЁТОМ СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ
266.	Селезньов А.І.	с. 306	РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ В ДЕКАРТОВОМУ ДЕРЕВІ
267.	Селін Ю. М.	с. 263	ДІАГНОСТИЧНА МЕДИЧНА СИСТЕМА З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ СКЛАДОВОЮ НА ОСНОВІ БАЙЄСОВИХ МЕРЕЖ ТОЧНОГО ВИСНОВКУ
		с. 155	ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ПОДІБНОСТІ МУЗИЧНИХ ТВОРІВ
		с. 224	ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ ЗНІМКІВ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ КОМП'ЮТЕРА
		с. 316	ЛІНГВІСТИЗАЦІЯ ДАНИХ, ЩО ОТРИМАНО ЦИФРОВИМИ ТА АНАЛОГОВИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ
268.	Семенов Б.С.	с. 230	ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ СЕРЦЕВИХ ТОНІВ ТА ШУМІВ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ СЕРЦЕВИХ ЗВУКІВ У СКРИНІНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ
269.	Семків О.Я.	с. 61	МЕТОДИКА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ГІРОВЕРТИКАЛІ ПО КАНАЛУ МОМЕНТНОГО ДАТЧИКА КРЕНА
270.	Сенів М.М.	с. 143	АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕЛЕМЕНТІВ
271.	Сергеев-Горчинский А.А.	с. 145	ВЫБОР МЕРЫ РАЗЛИЧИЯ ОБРАЗЦОВОГО И ОТФИЛЬТРОВАННОГО ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ФЛУКТУАЦИОННОГО ШУМА
		с. 275	СИСТЕМИ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ
272.	Сериков И.Ю.	с. 209	РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ РАЗНОВРЕМЕННОЙ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ
273.	Сидоренко Р.В.	с. 164	ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
		с. 221	БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

274.	Симець І.І.	с. 143	АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕЛЕМЕНТІВ
275.	Соколовський Я. І.	с. 132	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАНИЧНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ
276.	Соловьев Д.Н.	с. 197	ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА
277.	Солотвінський І.В.	с. 83	ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
278.	Сорокина И.В.	с. 197	ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА
279.	Степашко В.С.	с. 292	ГІБРИДНИЙ ПЕРЕБІРНИЙ АЛГОРИТМ СОМБІ-ГА З ЕВОЛЮЦІЙНИМ ПРИНЦИПОМ УСКЛАДНЕННЯ СТРУКТУР МОДЕЛЕЙ
280.	Столбовой М.И.	с. 287	АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
281.	Столяров В.С.	с. 261	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНИХ ОПИСІВ ЗОБРАЖЕНЬ
282.	Стрямець С.П.	с. 221	БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
283.	Сьоміна Л.П.	с. 304	ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ
284.	Табунщик Г.В.	с. 148	МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКИХ СИСТЕМ З ОБМЕЖЕНИМИ РЕСУРСАМИ
285.	Таиф М.А.	с. 311	РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ
286.	Танасійчук Я.В.	с. 123	МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ, ПОБУДОВАНИЙ НА СУКУПНОСТІ РУХОМИХ ВУЗЛІВ
287.	Терентьев О. М.	с. 185	МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
288.	Теренчук С.А.	с. 149	ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАНЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
289.	Терлецький Д.О.	с. 308	УЗАГАЛЬНЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ НЕОДНОРІДНИХ КЛАСІВ НЕЧІТКИХ ОБ'ЄКТІВ
290.	Терновая Т.И.	с. 135	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ
291.	Теслюк В.М.	с. 151	БАЗОВІ ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ
292.	Теслюк Т.В.	с. 151	БАЗОВІ ІНТЕЛЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ

293.	Теуг В.М.	с. 105	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ
294.	Тимофієва Н.К.	с. 222	СИМЕТРИЯ В КОМБІНАТОРНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ
295.	Ткаченко Є.В.	с. 229	АЛГОРИТМИ СЕЛЕКЦІЇ І ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДРІЗКІВ ПРЯМИХ З ВОХ МЕТОДОМ НА КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ
296.	Товкач С.С.	с. 153	ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ
297.	Тригубишин І.Л.	с. 155	ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ПОДІБНОСТІ МУЗИЧНИХ ТВОРІВ
298.	Триснюк В.М.	с. 156	УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ГЕОСИСТЕМ
299.	Тупкало В.М.	с. 105	ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ
		с. 158	МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГА ПРОЦЕССНО - ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
300.	Тугова Е.В.	с. 304	ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ
301.	Удовенко С.Г.	с. 310	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА НЕСТРУКТУРОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТІВ
302.	Федоров О.О.	с. 224	ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ ЗНІМКІВ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ КОМП'ЮТЕРА
303.	Федусенко А.О.	с. 160	РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ
304.	Федусенко О.В.	с. 160	РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ
305.	Фефелов А.А.	с. 311	РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ
306.	Филимонов Г.А.	с. 207	ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
307.	Филимонова О.Ю.	с. 207	ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
308.	Халимон А.Ю.	с. 314	ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ
309.	Ходзінський О.М.	с. 199	МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХОМИХ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ГРУП ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕРИТОРІЇ
310.	Цибулько М.С.	с. 125	ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОАТОМНИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ЧИСЛОВОЇ СИМУЛЯЦІЇ ЇХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СПЕКТРІВ
311.	Цимбал Ю.В.	с. 221	БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
312.	Цмоць І.Г.	с. 68	ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

		с. 151	БАЗОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ
		с. 162	МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ГРУПОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПЛІС SPARTAN 3A
		с. 164	ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
		с. 193	ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ
313.	Цюцюра М.І.	с. 160	РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ
314.	Цюцюра С.В.	с. 160	РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ
315.	Чайковська Є.Є.	с. 225	ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ПІДТРИМКУ РОЗРЯДУ ҐРУНТУ У СКЛАДІ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ
316.	Чала Л.Е.	с. 310	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА НЕСТРУКТУРОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТІВ
317.	Чаплінський Ю.П.	с. 227	ОНТОЛОГІЯ ТА КОНТЕКСТ В БЕЗПЕЦІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ
318.	Черкаско Р.С.	с. 165	ОГЛЯД LMS ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ "INFORMATICS"
319.	Черниш Л.М.	с. 219	МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗДІБНОСТЕЙ АБИТУРІЄНТІВ
320.	Чикина Н.А.	с. 26	ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРЕДПРОГНОЗНОМУ АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
321.	Чирун Л.Б.	с. 45	ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АМАТОРСЬКИХ СПОРТИВНИХ ІГОР
322.	Чирун Л.В.	с. 45	ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АМАТОРСЬКИХ СПОРТИВНИХ ІГОР
323.	Шарко А.А.	с. 166	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕФЕКТОВ
324.	Шарко А.В.	с. 168	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ
325.	Шарко М.В.	с. 168	МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ
326.	Шелевицька В.А.	с. 230	ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ СЕРЦЕВИХ ТОНІВ ТА ШУМІВ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ СЕРЦЕВИХ ЗВУКІВ У СКРИНІНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ
327.	Шелевицький І.В.	с. 229	АЛГОРИТМИ СЕЛЕКЦІЇ І ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДРІЗКІВ ПРЯМИХ З ВОХ МЕТОДОМ НА КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ
		с. 230	ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ СЕРЦЕВИХ ТОНІВ ТА ШУМІВ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ СЕРЦЕВИХ ЗВУКІВ У СКРИНІНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ
328.	Шерстюк В.Г.	с. 63	МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СППР

329.	Ширій В. В.	с. 42	НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ – ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ
330.	Шпак З.Я.	с. 58	ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АТЕВ- ФУНКЦІЙ
331.	Шулькевич Т.В.	с. 316	ЛІНГВІСТИЗАЦІЯ ДАНИХ, ЩО ОТРИМАНО ЦИФРОВИМИ ТА АНАЛОГОВИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ
332.	Щербакова Г.Ю.	с. 76	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НОСИТЕЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСТАРТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
333.	Юрко О.В.	с. 318	ЗВОРОТНІЙ ПІРАМІДАЛЬНИЙ РОЗКЛАД РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ
334.	Юрко Ю.В.	с. 318	ЗВОРОТНІЙ ПІРАМІДАЛЬНИЙ РОЗКЛАД РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ
335.	Яковлева А.П.	с. 170	ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ
		с. 172	ЗНАХОДЖЕННЯ ВІДРІЗКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ, ЯКИЙ СПОЛУЧАЄ СТОРОНИ КУТА І ПРОХОДИТЬ ЧЕРЕЗ ТОЧКУ ВСЕРЕДИНИ НЬОГО ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
		с. 175	ПРИГНІЧЕННЯ КОРУПЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПУ МАКМИМУМУ ПОНТРЯГІНА
336.	Яцишин А.В.	с. 212	ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ

## ЗМІСТ

**СЕКЦІЯ „АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ”**

Azarskov V.N., Blokhin L.N., Kurganskyi A.U., Rudyuk G.I. ANALYTIC DESIGN OF THE OPTIMUM CONTROL SYSTEM FOR FIVE-DEGREE-OF-FREEDOM STAND SIMULATOR OF THE SPACECRAFT MOTION .....	7
Mashkov V., Lytvynenko V. CREDIBILITY OF SELF-CHECKING RESULT IN THE CONTEXT OF SYSTEM LEVEL SELF-DIAGNOSIS .....	14
Pavlenko V. D., Kravchenko E. I., Salata D. V. VOLTERRA MODEL BUILDING OF OCULO-MOTOR SYSTEM BASED ON EXPERIMENTAL INPUT-OUTPUT DATA .....	16
Sushchenko O.A. MATHEMATICAL MODEL OF INERTIAL NAVIGATION SYSTEM WITH BIAXIAL PLATFORM .....	18
Voronenko M., Krejci J., Bereza O, Bilyi H. THE MONITORING OF SANITARY-EPIDEMIC SITUATION IN THE REGION .....	20
Vyshemyrska S.V., Kornilovska N.V., Lurie I.A., Frolova M. E., Kubarov D. USE OF CONSOLIDATED INFORMATION RESOURCE FOR IMPROVEMENT OF POSTAL SPHERE .....	23
Антонова И.В., Чикина Н.А. ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ПРЕДПРОГНОЗНОМУ АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ .....	26
Архипов А.Е. ПРИМЕНЕНИЕ РЕФЛЕКСИВНЫХ МОДЕЛЕЙ РИСКОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ .....	28
Бабенко Ю.В., Ланська С.С. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ЗІ ЗМІННИМ ЗА СТАНОМ ЗАПІЗНЕННЯМ .....	30
Барабаш О.В., Мусієнко А.П., Коваль М.О. КРИТЕРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ БЕЗДРОТОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ .....	31
Баранов Г.Л., Прохоренко О.М. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ГЕТЕРОГЕННІ ФОРМИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ .....	32
Бацуровська І.В. ВЕБІНАР ЯК ЗАСІБ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ .....	34
Безкоровайний Ю.М., Ермолаєва О.В. ФІЛЬТР-СПОСТЕРІГАЧ СИГНАЛІВ КЕРУВАННЯ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ .....	35
Березюк І. А. ОЦІНЮВАННЯ РОБАСТНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ РІЗАННЯ З ОПТИМАЛЬНИМ РЕГУЛЯТОРОМ ДЛЯ СТРІЧКОВОЇ ПИЛОРАМИ .....	38
Бондаренко В.Г. МЕТОД АНАЛІЗА СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ .....	40
Бондаренко Н.С. ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ПРОГНОЗУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ .....	41
Василенко В. Г., Ширій В. В., Баклан І. В. НОВІТНЯ ПАРАДИГМА ПРОГРАМУВАННЯ – ЙМОВІРНІСНЕ ПРОГРАМУВАННЯ .....	42

Вербовий С.О. ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	43
Висоцька В.А., Чирун Л.Б., Чирун Л.В. ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛ АМАТОРСЬКИХ СПОРТИВНИХ ІГОР .....	45
Войніков Д. О. ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ПРОТОКОЛІВ ДЛЯ МИТТЄВОГО ОБМІНУ ПОВІДОМЛЕННЯМИ .....	47
Волков В.Э., Макоед Н.А. ОЦЕНКА ДЕТОНАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ВЗРЫВООПАСНОГО ОБЪЕКТА .....	48
Григорович В.Г. МЕТРИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ .....	49
Грицик В.В. ТЕХНОЛОГІЇ МАЙБУТНЬОГО І ВИЖИВАННЯ ЛЮДЕЙ .....	51
Дідковський О.І. ДЕКОМПОЗИЦІЯ ЗАДАЧІ МІНІМІЗАЦІЇ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ У РОЗУМНИХ БУДИНКАХ .....	54
Доценко Н. А. ЕЛЕКТРОННА НАВЧАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО- ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-МЕХАНІКІВ .....	56
Драган Я.П., Дронюк І.М., Шпак З.Я. ДОСЛІДЖЕННЯ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АТЕВ-ФУНКЦІЙ .....	58
Дубан Р.М., Дубан А.О. СТВОРЕННЯ БАЗ ТЕСТОВИХ ПИТАНЬ ЧЕРЕЗ СОЦІАЛЬНІ МЕРЕЖІ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ТЕСТУВАННЯ ЗНАНЬ .....	60
Єрмолаєва О.В., Прокоф'єва І.Ю., Семків О.Я. МЕТОДИКА ОБРОБКИ СИГНАЛІВ МАЛОГАБАРИТНОЇ ПІРОВОЕРТИКАЛІ ПО КАНАЛУ МОМЕНТНОГО ДАТЧИКА КРЕНА .....	61
Жарикова М.В., Шерстюк В.Г. МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОГО МАРКОВСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СППР .....	63
Заводник В.В., Романенко И.Д. КОМПЛЕКСНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЕВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАКРОЭКОНОМИКИ РАЗВИТОЙ СТРАНЫ .....	64
Зайцев О.В., Новохатній Ю.В. МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ГЕОПРОСТОРОВОГО ОБ'ЄКТА З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОРІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ .....	66
Зербіно Д.Д., Цмоць І.Г. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СЕНСОРИ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	68
Карымсакова И.Б., Денисова Н.Ф., Крак Ю.В. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ ИМПЛАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ .....	69
Кондратюк С.С., Крак Ю.В. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ЖЕСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ .....	70
Корнієнко Б.Я. ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ГРАНУЛЮВАННЯ У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ .....	71



Коробчинський М.В. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ .....	73
Крылов В.Н., Щербакова Г.Ю., Логвинов О.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ НОСИТЕЛЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИСТАРТОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ .....	76
Ладієва Л.Р., Довбня С.Ю. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ .....	77
Литвин В.В., Наум О.М., Висоцька В.А. МЕТОД ІНТЕГРАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ КОНТЕНТОМ МЕРЕЖІ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ТУРИЗМУ ЗГІДНО ПОТРЕБ КОРИСТУВАЧА .....	78
Малець І.О., Малець Р.Б. ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ТЕРМОПРУЖНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ .....	80
Малець І.О., Мартин Є.В., Лясковська С.Є. КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ .....	81
Малець І.О., Придатко О.В., Ренкас А.Г., Солотвінський І.В. ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ РЕФОРМУВАННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ .....	83
Машков О.А., Косенко В.Р. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНО-ПІЛОТОВАНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ .....	84
Машков О.А., Косенко В.Р. ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ .....	94
Машков О.А., Пашков Д.П., Тупкало В.М., Теут В.М. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО СУДНА В УМОВАХ РОЗЛІВА НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ .....	105
Мельничук В.В. АЛГОРИТМИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО СИНТЕЗУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ РОЗУМНОГО МІСТА .....	113
Михалев А.И., Калиберда Ю.О. СТРУКТУРА ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ .....	115
Мухін В.Є., Корнага Я.І., Герасименко О.Ю., Козерацький М.С., Базалій М. ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЗАПИТІВ В ГЕТЕРОГЕННИХ РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ДАНИХ .....	116
Ніколаєв С. С. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА ОБРОБКИ БІОСИГНАЛІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ЛЮДИНИ .....	117
Носков В.И., Мезенцев Н.В., Гейко Г.В. К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТАВА НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ .....	118
Обідін Д.М., Мусієнко А.П., Арделян В.В. МЕТОДИКА НАКОПИЧЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИКОНАННІ ДІАГНОСТУВАННЯ В РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗАХ ЗНАТЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ .....	120

Огнева О.Є., Примаченко О.Г., Дзюба Р.О., Кічін В.В. ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕРЕЖ ДОВІРИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ ПІСЛОНЕФРИТУ .....	121
Ольшевський С.В., Танасійчук Я.В. МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІОНОЇ МЕРЕЖІ, ПОБУДОВАНИЙ НА СУКУПНОСТІ РУХОМИХ ВУЗЛІВ .....	123
Ольшевський С.В., Цибулько М.С., Носенко В.О. ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОАТОМНИХ МОЛЕКУЛ МЕТОДОМ ЧИСЛОВОЇ СИМУЛЯЦІЇ ЇХ ІНФРАЧЕРВОНИХ СПЕКТРІВ .....	125
Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Дідик О.К., Зозуля В.А. ІДЕНТИФІКАЦІЯ БАГАТОВИМІРНОГО ОБ'ЄКТА У СКЛАДІ ЗАМКНЕНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗА ДАНИМИ ПАСИВНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ .....	127
Панкратова Н.Д., Панкратов В.А. РЕШЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИЙ ПРЕДВИДЕНИЯ И КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	129
Піднебесна А.О. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ СПЕЦІАЛЬНИМИ ТИПАМИ ЗВЕРНЕНЬ ДО МУНІЦИПАЛІТЕТІВ ЧЕСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ .....	130
Поберейко С. Б., Соколовський Я. І. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАНИЧНОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ ДЕРЕВИНИ .....	132
Прядка О.С., Вычужанин В.В. РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ КОРРОЗИЙНОГО СОСТОЯНИЯ КОРПУСА СУДНА .....	134
Рудакова А.В., Олокоба О. Й., Терновая Т.И., Крыжановская В.О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ВИБРОАКУСТОДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	135
Ручинська Н.С. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕВІРКИ СФОРМОВАНОСТІ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БАКАЛАВРІВ МАТЕМАТИКИ В УМОВАХ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-ОСВІТНЬОГО ПРОСТОРУ .....	136
Рябова Н.В. ОНТОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СЕРЕДОВИЩ .....	137
Самойленко О.М., Самойленко О.О., Андрющенко Я.Е. ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ФАХІВЦІВ ФІЛОЛОГІЧНОГО ПРОФІЛЮ .....	138
Сапунов С.В. ПРО РОЗМІТКУ ДИСКРЕТНОГО ОПЕРАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА, ЯКА СПРІЯЄ СПРЯМОВАНОМУ ПЕРЕСУВАННЮ МОБІЛЬНИХ АГЕНТІВ З ОБМЕЖЕНОЮ ПАМ'ЯТТЮ .....	140
Сарычев А.П., Первий Б.А. МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ОБ'ЄКТА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С УЧЁТОМ СОБСТВЕННОГО ВРАЩЕНИЯ .....	142
Сенів М.М., Нитребич О.О., Симець І.І. АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕЛЕМЕНТІВ.....	143
Сергеев-Горчинский А.А. ВЫБОР МЕРЫ РАЗЛИЧИЯ ОБРАЗЦОВОГО И ОТФИЛЬТРОВАННОГО ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ УРОВНЯХ ФЛУКТУАЦИОННОГО ШУМА .....	145

Табунщик Г.В. МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКИХ СИСТЕМ З ОБМЕЖЕНИМИ РЕСУРСАМИ .....	148
Теренчук С.А., Єременко Б.М., Пашко А.О. ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....	149
Теслюк Т.В., Цмоць І.Г., Медиковський М.О., Опотяк Ю.В., Теслюк В.М. БАЗОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ РЕГІОНУ .....	151
Товкач С.С. ІНТЕГРАЦІЯ МЕТОДІВ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ДВИГУНАМИ .....	153
Тригубишин І.Л., Селін Ю.М. ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ АНАЛІЗІ ПОДІБНОСТІ МУЗИЧНИХ ТВОРІВ .....	155
Триснюк В.М. УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ГЕОСИСТЕМ .....	156
Тупкало В.Н. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИННОВАЦИОННОГО ИНЖИНИРИНГА ПРОЦЕССНО - ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	158
Федусенко О.В., Федусенко А.О., Цюцюра С.В., Цюцюра М.І. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ МОДЕЛІ АДАПТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАВЧАННЯ .....	160
Цмоць І.Г., Ігнатев І.В. МОДИФІКОВАНИЙ МЕТОД ГРУПОВОГО ПІДСУМОВУВАННЯ ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ НА ПЛІС SPARTAN 3A .....	162
Цмоць І.Г., Опотяк Ю.В., Сидоренко Р.В. ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ БАГАТОРІВНЕВИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	164
Черкаско Р.С. ОГЛЯД LMS ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ "INFORMATICS" .....	165
Шарко А.А. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕФЕКТОВ .....	166
Шарко М.В., Шарко А.В., Гусарина Н.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ .....	168
Яковлева А.П., Данилов В.Я., Курдуп І.О. ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ КАДАСТРОВИХ ДІЛЯНОК ДО ОБВАЛІВ ТА ЗСУВІВ .....	170
Яковлева А.П., Коваленко Д.Ю. ЗНАХОДЖЕННЯ ВІДРІЗКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ, ЯКИЙ СПОЛУЧАЄ СТОРОНИ КУТА І ПРОХОДИТЬ ЧЕРЕЗ ТОЧКУ ВСЕРЕДИНИ НЬОГО ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	172
Яковлева А.П., Круть В.М., Новиков В.Р. ПРИГНІЧЕННЯ КОРУПЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПУ МАКМИМУМУ ПОНТРЯГІНА .....	175

---



---

**СЕКЦІЯ „ТЕОРЕТИЧНІ І ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ  
СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ”**


---

Doronin V.V., Aleynikov M.V., Aleynikov V. M. APPLICATION OF EVALUATION CRITERIA OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON UKRAINE'S INLAND WATERWAYS .....	178
Osyenko V., Kaplun V. ON THE ISSUE OF CREATION OF INNOVATIVE DISPATCHING SYSTEMS IN THE ENERGY MICROGRIDS .....	180
Берко А. Ю., Кісь Я. П. ОПРАЦЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ ДАНИХ У НЕОДНОРІДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСАХ .....	183
Бідюк П. І., Терентьев О. М., Просянкіна-Жарова Т. І. МЕТОДИ ЗАПОВНЕННЯ ПРОПУСКІВ ДАНИХ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	185
Буров Є. В., Микіч Х.І. ОНТОЛОГІЧНЕ ПОДАННЯ ЗНАНЬ ПРО СИТУАЦІЇ У СИСТЕМАХ ІЗ СИТУАЦІЙНОЮ ОБІЗНАНІСТЮ .....	187
Верес О. М. МЕТОДИ АНАЛІЗУ BIG DATA В ПРОЕКТІ СППР .....	189
Доржсурэн Хишигсурэн, Аршинский Л.В. РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ АГРЕГИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ .....	191
Калінчук Ю.С., Обельовська К.М., Цмоць І.Г. ПІДСИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ .....	193
Карпінєць Р.М. АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ ПІДСИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ТА УПРАВЛІННЯ МІКРОКЛІМАТОМ .....	195
Катана А.В., Вычужанин В.В. РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВАЛОЧНЫМИ ПРОЦЕССАМИ ПОРТА .....	196
Кораблев Н.М., Сорокина И.В., Соловьев Д.Н., Малюков Р.Р. ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИММУННОГО ПОДХОДА .....	197
Корольов В.Ю., Огурцов М.І., Ходзінський О.М. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТІВ РУХОМИХ ДИСТАНЦІЙНО КЕРОВАНИХ СИСТЕМ ТА ЇХ ГРУП ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ТЕРИТОРІЇ .....	199
Кравець П.О. ІГРОВА МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В МУЛЬТИАГЕНТНІЙ СИСТЕМІ .....	202
Крак Ю.В., Бармак О.В., Багрій Р.О., Касянюк В.С. ПРИШВИДЧЕНИЙ ВВІД ТЕКСТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ .....	204
Крилов В.М., Козіна Ю.Ю., Гуляєва Н.О. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБКИ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРИ СТВОРЕННІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РІЗНИХ ПЛАТФОРМ .....	205
Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И., Филимонов Г.А. ТЕНЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МНОГОМЕРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ .....	207

Мороз Е.Ю., Сериков И.Ю. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ РАЗНОВРЕМЕННОЙ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ СЪЕМКИ .....	209
Морозов В.В., Остахов В.В. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИТ-ПРОЕКТАМИ .....	210
Попов О.О., Яцишин А.В., Ковач В.О., Артемчук В.О., Алексеева О.В. ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ УКРАЇНИ .....	212
Рак Т.Є., Михайлюк С.М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОЇ ТА ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ.....	214
Різник О.Я., Балич Б.І., Ковалик В.П., Ментинська Ю.С. МЕТОД СИНТЕЗУ БАМКЕРОПОДІБНИХ ПОСЛІДОВНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ЧИСЛОВИХ В'ЯЗАНОК .....	215
Різник О.Я., Кинаш Ю.Є., Повшук О.В., Онисько О.М. СИНТЕЗ НЕЕКВІДИСТАНТНОГО РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ .....	216
Рухолла О., Павлюк О.М. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕМОЦІЙ З МЕТОЮ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ .....	217
Рябчун Ю.В., Черниш Л.М. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗДІБНОСТЕЙ АБІТУРІЄНТІВ .....	219
Стрямець С.П., Цимбал Ю.В., Балич Б.І., Сидоренко Р.В. БАЗОВІ АПАРАТНО-ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ .....	221
Тимофієва Н.К. СИМЕТРИЯ В КОМБІНАТОРНІЙ ОПТИМІЗАЦІЇ .....	222
Федоров О.О., Селін Ю.М. ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ ЗНІМКІВ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ КОМП'ЮТЕРА .....	224
Чайковська Є.Є. ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ПІДТРИМКУ РОЗРЯДУ ҐРУНТУ У СКЛАДІ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ .....	225
Чаплінський Ю.П. ОНТОЛОГІЯ ТА КОНТЕКСТ В БЕЗПЕЦІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ .....	227
Шелевицький І.В., Ткаченко Є.В. АЛГОРИТМИ СЕЛЕКЦІЇ І ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДРІЗКІВ ПРЯМИХ З ВОХ МЕТОДОМ НА КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ .....	229
Шелевицький І.В., Шелевицька В.А., Семенов Б.С. ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ СЕРЦЕВИХ ТОНІВ ТА ШУМІВ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАСИФІКАЦІЇ СЕРЦЕВИХ ЗВУКІВ У СКРИНІНГОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ .....	230

---

**СЕКЦІЯ „ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ІНТЕЛЕКТ  
ТА ІНДУКТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ”**

---

Babichev S.A. OBJECTIVE CLUSTERING INDUCTIVE TECHNOLOGY BASED ON THE SOTA CLUSTERING ALGORITHM USING DESIRABILITY HARRINGTON FUNCTION .....	231
Bodyanskiy Ye., Vlasenko O., Vynokurova O., Pliss I.P. A HYBRID NEURO-FUZZY NETWORK FOR FINANCIAL TIME-SERIES PREDICTION .....	233

Loutskii H.M., Volokyta A.M., Rehida P.G. THE SYSTEM FOR MODELING DISTRIBUTED COMPUTING TO CONTROL THE ISOEFFECTIVENESS .....	235
Zabielin S.I. BIG DATA ANALYSIS VIA MODEL REDUCTION METHODS .....	236
Аксак Н.Г. МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ УСКОРЕННОЙ НЕЙРОСЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ .....	237
Астіоненко І.О., Гучек П.Й., Давиденко П.О., Литвиненко О.І. БАЗИСНІ ФУНКЦІЇ БІКУБІЧНОГО СЕРЕНДИПОВОГО ЕЛЕМЕНТА: НЕСТАНДАРТНІ ВИПАДКИ .....	239
Ахметшина Л.Г., Егоров А.А. ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МЕТОДА АДАПТИВНОГО УЛУЧШЕНИЯ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ .....	241
Бардачов Ю.М., Дідик О.О., Резніченко О.М., Савула І.В., Садовський В.Г. ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ ЗА ДОМОГОЮ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ОНТОЛОГІЙ .....	243
Березький О. М., Березька К. М., Мельник Г.М. ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТРУКТУРНОЇ АТИПІЇ ПЕРЕДРАКОВИХ СТАНІВ МОЛОЧНОЇ ЗАЛОЗИ НА ОСНОВІ ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	244
Бодянський Є.В., Винокурова О.А., Ізонін І.В., Кобилін І.О., Мулеса П.П. КЛАСТЕРИЗАЦІЯ БАГАТОВИМІРНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ НА ОСНОВІ АДАПТИВНОЇ МАТРИЧНОЇ НЕЙРО-ФАЗЗИ САМООРГАНІЗОВНОЇ МЕРЕЖІ .....	247
Бодянський Є.В., Винокурова О.А., Пелешко Д.Д., Волошин В.В. ГЛИБИННА ГІБРИДНА ВЕЙВЛЕТ-НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМА В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ .....	249
Бодянский Е. В., Перова И.Г., Мирошниченко Н.С. АДАПТАЦИЯ ЦЕНТРОВ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЭВОЛЮЦИОНИРУЮЩЕЙ ДИАГНОСТИРУЮЩЕЙ НЕЙРО-ФАЗЗИ СИСТЕМЫ .....	251
Бодянский Е. В., Дейнеко А.А., Золотухин О.В. МЕТОД НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ С ПОЛИНОМИАЛЬНЫМ ФАЗЗИФИКАТОРОМ И ВЗВЕШИВАНИЕМ КОМПОНЕНТ .....	253
Воробей В.И. ИЗМЕРЕНИЕ КООРДИНАТ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ КРУПНОРАЗМЕРНОЙ ЦЕЛИ .....	255
Гожий В.А. КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ІТ ПРОЕКТІВ .....	257
Гожий О.П., Калініна І.О. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ .....	259
Гороховатський В.О., Столяров В.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЛАСТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СТРУКТУРНИХ ОПИСІВ ЗОБРАЖЕНЬ .....	261
Гоц О. П., Селін Ю. М. ДІАГНОСТИЧНА МЕДИЧНА СИСТЕМА З ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЮ СКЛАДОВОЮ НА ОСНОВІ БАЙССОВИХ МЕРЕЖ ТОЧНОГО ВИСНОВКУ .....	263
Грицик В.В., Зелений В.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИЧНИХ ФУНКЦІЙ НА ВІЗУАЛЬНОМУ ПОЛІ УВАГИ ЗА ГРАНИЧНИМ ПРИНЦИПОМ .....	266

Грушко Я.В., Данилов В.Я. ЕФЕКТИВНИЙ СТАТИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЗНАХОДЖЕННЯ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У ТЕКСТОВИХ ФАЙЛАХ .....	269
Джунковський В.О., Джунковський Ю.О. СПОСОБИ І ФОРМИ РЕАЛІЗАЦІЇ АКТИВНИХ КОНТУРНИХ МОДЕЛЕЙ. ЗМІІ. ....	271
Добровська Л.М., Галай Д.С. ФОРМУВАННЯ РБФ-МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ ІНДУКТИВНОГО ДЕРЕВА РОЗВ'ЯЗКІВ CART .....	272
Ковалишин О.С. ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ ЛІКУВАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ МЕТОДОМ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ .....	274
Костюк К.Є., Сергеев-Горчинський О.О. СИСТЕМИ ВЕБ-СЕРВІСІВ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ .....	275
Литвиненко В.И., Дробот Д.С., Лурье И.А., Мурзенко А.И. СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕТРИ С ПОМОЦЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ .....	277
Литвиненко В.И., Окренец Р.В., Лукьянов В.В., Оволаби А. О. ОБУЧЕНИЕ НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ С ПОМОЦЬЮ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ .....	280
Лур'є І.А., Партенюха Д., Вороненко М.О., Радецька С.В., Вишемирська С.В. ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА KNIME ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОННИХ МАС-МЕДІА НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ УКРАЇНИ .....	284
Машталир С.В., Столбовой М.И. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ .....	287
Мирзаев Н.М., Норова З.Х. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ НОМЕРНЫХ ЗНАКОВ АВТОМОБИЛЕЙ .....	289
Міхайлуца О.М., Пожусв А.В., Небеснюк В.О. РОЗПІЗНАВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ФОРМУЛ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ .....	291
Мороз О.Г., Степашко В.С. ГІБРИДНИЙ ПЕРЕБІРНИЙ АЛГОРИТМ СОМВІ-GA З ЕВОЛЮЦІЙНИМ ПРИНЦИПОМ УСКЛАДНЕННЯ СТРУКТУР МОДЕЛЕЙ .....	292
Москаленко В.В., Пімоненко С.В., Кудрявцев А.М. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРОЮ ДАТАЦЕНТРА .....	294
Олецький О.В. ПРО ЗАСТОСУВАННЯ PAGERANK-ПОДІБНИХ МЕТОДИК ПРИ ПОБУДОВІ РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИБОРУ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН .....	297
Пасічник В.В., Кунанець Н.Е., Артеменко О.І. ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ В МОБІЛЬНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ .....	298
Пашинська Н.М. ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПОБУДОВИ ДЕРЕВА РІШЕНЬ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ .....	299
Передерій В.І., Передерій В.В., Здрок О.В., Казенко Е.В. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ГАРАНТОЗДАТНОЇ АДАПТИВНОЇ БД .....	301
Савченко Е.А., Тутова Е.В., Сьоміна Л.П. ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАТИЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ НА РОЗВИТОК ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ .....	304

---

Селезньов А.І., Марголін О.Г., Калашнікова А.А. РЕАЛІЗАЦІЯ ПЕРСИСТЕНТНОСТІ В ДЕКАРТОВОМУ ДЕРЕВІ .....	306
Терлецький Д.О. УЗАГАЛЬНЕННЯ КОНЦЕПЦІЇ НЕОДНОРІДНИХ КЛАСІВ НЕЧІТКИХ ОБ’ЄКТІВ .....	308
Удовенко С.Г., Чала Л.Е., Кушвід Є.С. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛАСИФІКАТОРА НЕСТРУКТУРОВАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ТЕКСТІВ .....	310
Фефелов А.А., Литвиненко В.І., Таиф М.А., Лурье И.А., Вороненко М.А. РЕВЕРСНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГИБРИДНЫХ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ .....	311
Халимон А.Ю., Баклан І.В. ПРОЦЕДУРА ЛІНГВІСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСОВИХ РЯДІВ .....	314
Шулькевич Т.В., Селін Ю.М. ЛІНГВІСТИЗАЦІЯ ДАНИХ, ЩО ОТРИМАНО ЦИФРОВИМИ ТА АНАЛОГОВИМИ ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ .....	316
Юрко О.В., Юрко Ю.В. ЗВОРОТНІЙ ПІРАМІДАЛЬНИЙ РОЗКЛАД РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ .....	318
<b>СПИСОК ТЕЗ .....</b>	<b>319</b>

---



Наукове видання

# ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ І ПРОБЛЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

## ISDMCI'2017

*Матеріали міжнародної наукової конференції.*

ISBN 978-617-7273-61-4

*Автори матеріалів несуть повну відповідальність за достовірність  
інформації, що в них висвітлюється, а також за відповідність  
матеріалів нормам законодавства, моралі та етики.*

Редактор *В. І. Литвиненко*  
Відповідальний за випуск *О. О. Дідик*  
Комп'ютерна верстка *С. В. Вишемирська*

Підписано до друку 18.05.2017. Формат 60x 84/8.  
Папір офсетний Наклад 300 примірників.  
Гарнітура Times New Roman. Друк ризографія.  
Ум. друк. арк. 31,60. Обл.-вид. арк. 34,0.  
Замовлення № 515.

Книжкове видавництво ПП Вишемирський В.С.  
Свідоцтво про внесення до державного реєстру суб'єктів видавничої справи:  
серія ХС № 48 від 14.04.2005  
видано Управлінням у справах преси та інформації  
73000, Україна, м. Херсон, вул. Соборна, 2.  
Тел. (050) 133-10-13, (050) 514-67-88  
e-mail: vvs2001@inbox.ru,